

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

KYBERNETICKÉ NÁSTROJE PRO BOJ PROTI COVID

CYBERNETIC APPLICATIONS AGAINST COVID-19

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavel Hyhlík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Adam Chromý, Ph.D.

BRNO 2021

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Pavel Hyhlík

ID: 211149

Ročník: 3

Akademický rok: 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Kybernetické nástroje pro boj proti COVID

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je přispět k boji proti šíření nemoci COVID-19 vytvořením nového technického řešení, které využívá dosažené poznatky z oblasti kybernetiky, a která svým zavedením pomůže zmírnit rychlost šíření této nemoci nebo zvýší efektivitu stávajících opatření.

Zadání:

1. Sestavte přehled hlavních problémů, které brzdí nebo limitují boj proti šíření nemoci COVID-19 (proč se nemoc stále tolik šíří).
2. Sestavte přehledovou rešerši kybernetických řešení, které by mohly být užitečné v boji proti šíření COVID-19. Zaměřte se zejména na zamezení šíření (resp. zpomalení) přenosu této nemoci, případně na systémy, které pomohou zvýšit efektivitu běžných opatření (roušky, karanténa, apod.). Shrňte jejich možné aplikace a limity jejich využitelnosti.
3. Vyberte si jedno kybernetické řešení z bodu 2, navrhnete jeho konkrétní aplikaci a tu prakticky realizujte.
4. Shrňte dosažený přínos této aplikace v boji proti šíření COVID-19.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

A. Joshi, INTELLIGENT SYSTEMS AND METHODS TO COMBAT COVID-19. Springer Nature, 2020.

Termín zadání: 8.2.2021

Termín odevzdání: 24.5.2021

Vedoucí práce: Ing. Adam Chromý, Ph.D.

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá možnými řešeními krize způsobené nemocí COVID-19 za pomoci využití poznatků na poli kybernetiky. Popisuje problémy způsobující šíření nemoci, opatření, která byla učiněna a možnosti jejich zefektivnění s využitím tohoto oboru, popřípadě nová řešení. Také rozebírá výhody a nevýhody jednotlivých řešení a jejich možný vliv na vývoj šíření. Z nich je vybrán a zkonstruován systém monitorující dodržování rozestupů.

Klíčová slova

Koronavirus, kybernetika, COVID-19, kamerový systém, 3D tisk, Bluetooth, společenský odstup

Abstract

This bachelor thesis deals with possible solutions of the COVID-19 crisis, with the help of knowledge in the field of cybernetics. It describes problems that cause spread of the disease, precautions that have been made and possibilities for improvement of their efficiency using this specialization, or also new solutions. The advantages and disadvantages of particular solutions and their effect on spread will be analysed as well. A system for spacing monitoring is chosen and constructed from them.

Keywords

Coronavirus, cybernetics, COVID-19, CCTV, 3D print, Bluetooth, social distancing

Bibliografická citace

HYHLÍK, Pavel. *Kybernetické nástroje pro boj proti COVID*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/134589>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Adam Chromý.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	<i>Pavel Hyhlík</i>
VUT ID studenta:	<i>211149</i>
Typ práce:	<i>Bakalářská práce</i>
Akademický rok:	<i>2020/21</i>
Téma závěrečné práce:	<i>Kybernetické nástroje v boji proti COVID</i>

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 24. května 2021

podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem co mi umožnili napsat tuto práci, zejména vedoucímu práce panu Ing. Adamu Chromému, Ph.D. za ochotu a odborné vedení.

V Brně dne: 24. května 2021

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	1
SEZNAM TABULEK.....	2
SEZNAM GRAFŮ.....	2
ÚVOD.....	3
1. KORONAVIRY.....	4
1.1 PŮVOD SARS-CoV-2 A COVID-19.....	4
1.2 PRÍZNAKY A ZPŮSOBY ŠÍŘENÍ.....	4
1.3 COVID-19 V ČESKU.....	5
1.3.1 První vlna.....	5
1.3.2 Druhá vlna.....	6
1.3.3 Druhy opatření.....	7
1.3.4 Aktuální data.....	8
1.4 DOTAZNÍK.....	9
1.5 VÝSLEDKY DOTAZNÍKU.....	12
1.5.1 Závěr dotazníku.....	15
2. KYBERNETICKÉ NÁSTROJE.....	16
2.1 BEZKONTAKTNÍ TEPLoměRY.....	16
2.2 KAMEROVÉ SYSTÉMY.....	17
2.2.1 Termokamery.....	17
2.2.2 Počítačové vidění.....	18
2.3 3D TISK.....	20
2.3.1 Masky.....	20
2.3.2 Obličejové štíty.....	21
2.3.3 Držáky na roušky.....	22
2.4 PLICNÍ VENTILÁTORY.....	23
2.5 TRASOVACÍ APLIKACE EROUŠKA.....	24
2.6 VIDEOKONFERENCE.....	25
2.7 BEZDOTYKOVÉ DÁVKOVAČE MÝDLA A DEZINFEKCE.....	26
2.8 ZÁVĚR PŘEHLEDOVÉ REŠERŠE.....	27
3. NÁVRH SYSTÉMU.....	28
4. REALIZACE.....	29
4.1 ŘÍDÍCÍ DESKA.....	29
4.2 MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI.....	30
4.3 SIGNALIZACE.....	32
4.4 BATERIE.....	33
4.5 PROGRAM.....	34
4.6 POUZDRO ZAŘÍZENÍ.....	37
4.7 POŘIZOVACÍ CENA.....	38
4.8 NÁVOD K POUŽITÍ.....	40
4.8.1 Popis prvků zařízení.....	40
4.8.2 Ovládání.....	41

4.9	TEST SYSTÉMU.....	42
5.	ZÁVĚR.....	44
	POUŽITÉ ZDROJE.....	45
	SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	49
	SEZNAM PŘÍLOH.....	50

SEZNAM OBRÁZKŮ

1	Systém semafor.....	6
	[1]	
2	Systém PES	7
	[2]	
3	Vývoj počtu nakažených v České republice	8
	[3 s. 19]	
4	Typický zástupce - TrueLife Q7	17
	[4]	
5	Obrazový výstup z termokamery	18
	[5]	
6	Systém hlídající rozestupy pomocí počítačového vidění.....	19
	[6]	
7	Maska navržená týmem z VUT FEKT	20
	[7]	
8	Štít navržený firmou Prusa Research	21
	[8]	
9	Spona na roušku od Creality.....	22
	[9]	
10	Použití plicního ventilátoru	23
	[10]	
11	Vzhled aplikace eRouška	24
12	Vzhled programu Microsoft Teams	25
13	Vývojová deska LoLin 32 ESP-WROOM-32	29
14	Teplotní mapa síly signálu Bluetooth mezi dvěma zařízeními ESP32 v závislosti na vzdálenosti na volném prostranství.....	31
15	Schéma zapojení bzučáku	33
16	Schéma zapojení baterie.....	34
17	Vývojový diagram programu.....	35
18	Strana zařízení s ovládacími a indikačními prvky.....	37
19	Šrouby pro uchycení na nákupní košík	38
20	Popis prvků zařízení.....	40

SEZNAM TABULEK

1	Závislost reálné a vypočtené vzdálenosti na síle signálu.....	31
2	Seznam součástek a výpočet ceny	39
3	Popis prvků zařízení.....	40
4	Vysvětlení nápisů.....	40
5	Testování síly signálu.....	42

SEZNAM GRAFŮ

1	Výsledky otázky č. 1.....	12
2	Výsledky otázky č. 2.....	13
3	Výsledky otázky č. 3.....	13
4	Výsledky otázky č. 4.....	14
5	Výsledky otázky č. 5.....	14
6	Výsledky otázky č. 6.....	15
7	Závislost síly signálu Bluetooth na vzdálenosti pro ESP32.....	32

ÚVOD

Omezení volného pohybu, uzavřené obchody a služby, rušení sportovních a kulturních akcí. Ještě před pár lety by se globální pandemie s takovými dopady zdála jako čirá fikce. Nedávné události ovšem dokázali, že je tato hrozba skutečná.

Možnosti dnešní doby nám dávají do ruky pestrou paletu nástrojů, které můžeme během takovýchto krizí využívat. Jedním z nich může být právě obor kybernetiky. Jedná se o vědu, která se zabývá řízením a přenosem informací.

Náplní této práce bude popis nového koronaviru, jeho šíření, zavádění opatření a na ně navazující využívaná a potenciálně použitelná řešení a systémy využívající tohoto oboru. Bude vybráno konkrétní zařízení, jehož realizaci se budu věnovat. K tomu bude nápomocná přehledová rešerše, kde se budu zabývat různými zařízeními v oboru kybernetiky a také anketa, ta pomůže určit zájem respondentů o jednotlivá zařízení, popřípadě ochotu řešení používat.

Pro tuto práci jsem se rozhodl, protože jde o aktuální téma. Má práce je reakcí na nedávné události a tak může být na stále přítomném problému testována účinnost mého projektu. Práce by tak mohla být užitečná a snad i pomoci v boji proti koronaviru. Také mi toto téma přijde zajímavé, různé pandemie už lidstvo zažilo mnohokrát a způsoby, jak se vypořádat s těmito nepřáteli jsou, myslím si, hodny zkoumání.

1. KORONAVIRY

Jedná se o skupinu virů střední velikosti, způsobující převážně respirační onemocnění, spadající pod skupinu virů, jejichž genom tvoří jednovláknová ribonukleová kyselina [11], odtud název RNA viry. Jejich jméno bylo odvozeno od vzhledu těchto virů [12]. Pod mikroskopem totiž tvar jejich povrchu připomíná sluneční koronu. Vyskytují se běžně a způsobují lehká onemocnění horních a dolních cest dýchacích. Mohou však být průvodci i závažnějších nemocí. V minulosti již došlo k několika menším epidemiím vážnějších onemocnění způsobených touto skupinou virů. Příkladem může být SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome) z počátku tisíciletí. V letech 2002 – 2003 nakazil celkem 8096 lidí, z toho 774 zemřelo [13]. Za zmínku jistě stojí i onemocnění MERS [14], Respirační syndrom z blízkého východu, který spadá do stejné kategorie. Ten má za svou existenci od roku 2012 na svědomí 866 životů. Ani v jednom případě však tato onemocnění nezpůsobila závažnější globální následky.

1.1 Původ SARS-CoV-2 a COVID-19

První případy tohoto respiračního onemocnění byly zaznamenány v prosinci 2019 v hlavním městě provincie Chu-pej, desetimilionovém městě Wu-Chan [15 s.]. Předpokládá se, že k přenosu na člověka došlo na místním velkoobchodním tržišti. Špatné hygienické podmínky při nakládání se zvířaty a přípravě masa ke konzumaci s největší pravděpodobností zapříčinily přenos viru na člověka z masa netopýra a luskouna [16]. Po hospitalizaci prvních pacientů byla o výskytu neznámé nemoci informována Světová zdravotnická organizace (WHO), respektive její pobočka v Čínské lidové republice. Nový koronavirus byl pojmenován 2019-nCoV (2019 novel coronavirus), Mezinárodní výbor pro klasifikaci virů jej však za nedlouho poté přejmenoval na SARS-CoV-2. Onemocnění způsobené tímto virem je pak nazýváno COVID-19.

Na konci měsíce ledna bylo v Číně oficiálně potvrzeno celkem 7734 případů infekce novým koronavirem, během února došlo k rozšíření do Evropy, počínajíc Itálií. Postupně se nákaza rozšířila po celé Evropě. V pevninské Číně mezitím došlo k šíření napříč několika dalšími městy a jejich uzavření do karantény. 11. března 2020 byl Světovou zdravotnickou organizací výskyt nemoci COVID-19 označen za pandemii.

1.2 Příznaky a způsoby šíření

Podle WHO [17] mezi hlavní příznaky této nemoci patří suchý kašel, zvýšená tělesná teplota a únava. Může se ale projevit i spousta dalších. Ztráta chuti a čichu, ucpaný nos, zánět spojivek, bolest v krku, bolest hlavy, bolest svalů a kloubů, kožní vyrážka, průjem, nevolnost a zvracení, závratě a zimnice. Za vážné příznaky se považuje dušnost, bolest na hrudi, tělesná teplota vyšší než 38 °C, ztráta chuti k jídlu a zmatenost. Méně časté jsou podrážděnost, úzkost, deprese, poruchy spánku, poruchy vědomí a nebezpečí výskytu

mrtvice, zánětu mozku a poškození nervové soustavy.

Nemoc se šíří pomocí kapének vyloučených především kašláním, kýcháním, avšak i při běžném hovoru. Může se ale šířit také přes oční sliznici a slinami. Délka inkubační doby se pohybuje mezi 2 a 14 dny.

Z toho všeho lze usuzovat, že nemoc má podobné příznaky jako chřipka, její průběh je ale závažnější a je tudíž v porovnání s obyčejnou chřipkou více nebezpečná. Také je více nakažlivá i díky dlouhé inkubační době.

1.3 COVID-19 v Česku

První případy onemocnění COVID-19 byly v České republice diagnostikovány 1. března, k nákaze došlo nejspíše na svazích lyžařských sjezdovek v Itálii během dovolené nakažených. Zde stručně shrnu průběh pandemie na území České republiky.

1.3.1 První vlna

Při pohledu dnešní optikou byl počáteční nárůst nakažených mírný, nárůst byl spíše lineární než exponenciální. Maximálního počtu nakažených během první vlny bylo dosaženo 11. 4. 2020, kdy bylo identifikováno celkem 4601 případů onemocnění koronavirem. Lze prohlásit, že se během první vlny pandemie podařilo úspěšně zploštit křivku nárůstu. Toho bylo dosaženo zavedením opatření vlády a Ministerstva zdravotnictví České republiky. Pokud nebudeme jako opatření počítat, protože neovlivňuje přímo území ČR, zákaz leteckého spojení s Čínou 9. února 2020, můžeme za první opatření považovat zákaz pořádání jakýchkoliv kulturních a sportovních akcí 10. března [18]. 11. března bylo vydáno asi nejkontroverznější opatření, uzavření všech škol vysokých, středních ale i základních, den na to byl poprvé během této pandemie vyhlášen nouzový stav. Dne 16. března 2020 byl omezen volný pohyb osob na území ČR. Následovalo nařízení, příkazující nošení ochrany dýchacích cest mimo domov a zákaz pohybu na území Česka bez ní a to 19. března.

Na přelomu jara a léta započalo z důvodu snižování počtu aktivních případů a zvyšování počtu uzdravených postupné rozvolňování zavedených opatření, ta byla samozřejmě v průběhu měsíců před tím lehce upravována tak, aby odpovídala aktuální situaci. Podle naplánovaného harmonogramu byla v průběhu května tato opatření mírněna a rušena, například od 11. května 2020 byly povoleny hromadné akce a to do 100 účastníků celkem, stejně tak byl povolen návrat studentů 9. tříd do lavic základních škol. Dále mohla otevřít obchodní centra a nákupní domy, obchody a poskytovatelé služeb, jako je třeba kadeřnictví. To pouze nad určitou rozlohu, aby se zamezilo shlukování lidí. Díky těmto rozvolnění došlo k mírnému nárůstu počtu nakažených na začátku léta v červenci, vliv mohla mít i již vybudovaná infrastruktura pro testování. Byl představen systém pro vyhodnocování nutnosti zavádění protiepidemických opatření, tzv. semafor [1]. Tento systém spočíval v monitorování rizika komunitního přenosu v oblastech, systém obsahoval 4 stupně podle barev – bílá, zelená, žlutá, červená, přičemž

bílá znamená nejnižší riziko nákazy a červená riziko nejvyšší. Podle stupně systému semafor byla upravována zaváděná opatření.

STUPNĚ POHOTOVOSTI V OBLASTI OCHRANY VEŘEJNÉHO ZDRAVÍ			
Stupně pohotovosti v oblasti ochrany veřejného zdraví stanovují na základě definovaných úrovní přenosu nákazy vyvolané novým koronavirem s označením SARS-CoV-2 rozsah klíčových protiepidemických opatření nezbytných k zamezení vzniku a dalšího šíření onemocnění COVID-19. Protiepidemická opatření jsou rozdělena na činnosti a postupy vztahující se na fyzické a právnické osoby a dále se týkají činnosti a postupů v rámci systému připravenosti a reakce České republiky na hrozbu epidemického šíření COVID-19.			
STUPEŇ POHOTOVOSTI	EPIDEMIOLOGICKÉ KRITÉRIUM	CHARAKTERISTIKA	STUPEŇ VČASNÉ VÝSTRAHY
0	NULOVÉ NEBO ZANEDBATELNÉ RIZIKO	<ul style="list-style-type: none"> Oficiální odborné zdroje (především Světová zdravotnická organizace a Evropské středisko pro prevenci a kontrolu nemocí) informují o tom, že je v zahraničí hlášen přenos nákazy 	0
I	VÝSKYT NÁKAZY V ČR BEZ KOMUNITNÍHO PŘENOSU	<ul style="list-style-type: none"> Vyskytují se sporadické případy Vyskytují se lokální klástry Vyskytují se lokální epidemie Vyskytují se kombinace: sporadické případy/lokální klástry/lokální epidemie 	1–3
II	POČÍNÁJÍCÍ KOMUNITNÍ PŘENOS V ČR	<ul style="list-style-type: none"> Občasné případy, u kterých není jasný zdroj nákazy, která se začíná šířit v komunitě doposud nepostíženě – u osob, které nepobývaly v zasažené oblasti, resp. nebyly v kontaktu se známým zdrojem 	4–7
III	NARŮSTAJÍCÍ ANEBP PŘETRVÁVAJÍCÍ KOMUNITNÍ PŘENOS V ČR	<ul style="list-style-type: none"> Denní incidence případů v rámci komunitního přenosu má trvale narůstající trend anebo setrvalý trend 	8–10

Seznam použitých zkratk

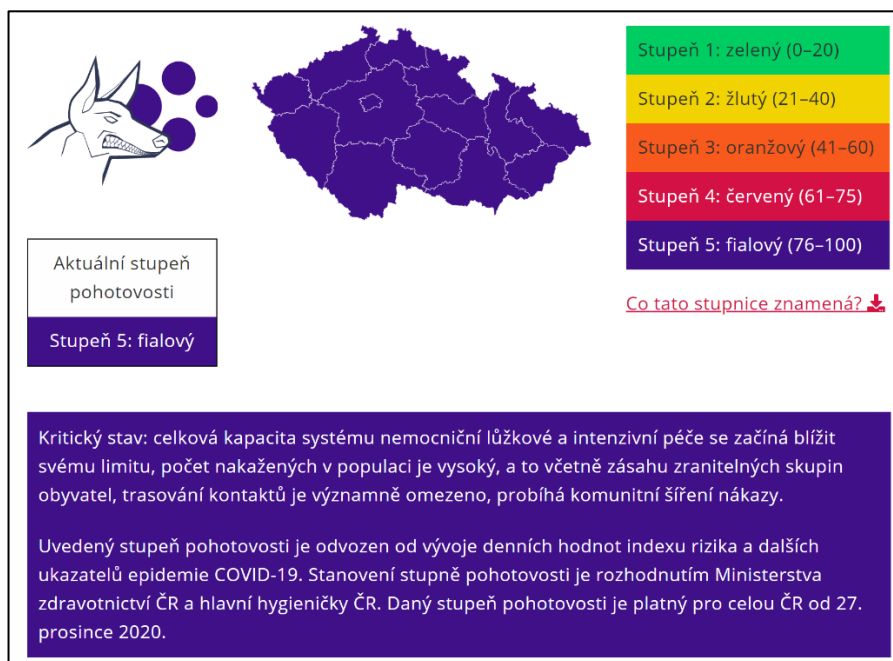
BRK – Bezpečnostní rada kraje; BRS – Bezpečnostní rada státu; KEK – krajská epidemiologická komise; KHS – krajská hygienická stanice; MZ – Ministerstvo zdravotnictví; OOP – osobní ochranné prostředky; OOVZ – orgán ochrany veřejného zdraví; PLDD – praktický lékař pro děti a dorost; POC – pohotovostní operační centrum pro veřejné zdraví; ŮEK – Ústřední epidemiologická komise (dle statutu Komise pro řešení výskytu závažných infekčních onemocnění v ČR); ŮKS – Ústřední krizový štáb

Obrázek 1 Systém semafor

1.3.2 Druhá vlna

Během srpna se křivka počtu nakažených osob opět začala zvedat, to mělo za následek opětovné zavedení a zpřísnění vládních opatření. Od 1. září 2020 začala znovu platit povinnost nosit na úradech, v nemocnicích a ve veřejné dopravě ochranu dýchacích cest. S prudkým nárůstem počtu nakažených během září, konkrétně něco málo přes 23 000 nakažených, došlo k dalšímu zpřísnění vládních nařízení. Dne 10. září 2020 bylo nařízeno nosit ochranu dýchacích cest nejen na již uvedených místech, ale i ve všech veřejných vnitřních prostorech na území České republiky. Během září začaly školy postupně znovu zavádět distanční formu výuky v reakci na nepříznivý vývoj situace. Tento měsíc také rezignoval ministr zdravotnictví Adam Vojtěch, 21. září 2020 to oznámil na konferenci a ještě ten samý den ho ve funkci nahradil dosavadní náměstek ministerstva zdravotnictví a vládní zmocněnec pro vědu a výzkum ve zdravotnictví Roman Prymula. Od 5. října byl vyhlášen nouzový stav. Dále byly nedlouho poté 9. října uzavřeny všechny bazény a koupaliště, zoologické zahrady a posilovny, došlo k omezení otevírací doby restaurací a hospod. O tři dny později byla uzavřena další veřejná místa jako kina a divadla. Zpřísnění podmínek nošení ochrany dýchací soustavy bylo zavedeno 21. října, od tohoto data bylo povinné roušku či jinou ochranu nosit i ve vnějších prostorech při nedodržení rozstupů 2 metry. Následovalo odstoupení ministra zdravotnictví Romana Prymulu poté, co byl vyfotografován při porušování nařízení vlády, která sám pomáhal vytvářet. K této kontroverzní záležitosti došlo 22. října. Po

týdnu 29. října 2020 Roman Prymula rezignoval a na jeho místo byl prezidentem republiky jmenován primář Oddělení dětské hematologie a biochemie a náměstek Fakultní nemocnice Brno Jan Blatný. Touto dobou také dosahoval počet nakažených dosavadního vrcholu (28. října bylo celkem 122 729 nakažených). Počet otestovaných nakažených po této špičce klesal. Byl uveden nový systém nahrazující semafor, protiepidemický systém (zkráceně PES) [2]. Obsahuje 5 stupňů podle barev od zeleného, který je nejnižší, přes žlutý, oranžový a červený až po fialový, který znamená kritický stav. Systém je řízen rizikem nakažení, regionálními zprávami o vývoji epidemie, predikcemi možného vývoje a daty z chytré karantény. Lze říci, že tento systém je komplexnější a také přehlednější, než byl předešlý semafor. Během prosince došlo k poklesu počtu nakažených, také se antigenní testování hrazené zdravotními pojišťovnami 16. prosince zpřístupnilo široké veřejnosti. Nový kmen koronaviru donutil Česko zrušit od 21. prosince letecké spojení s Velkou Británií a Severním Irskem.



Obrázek 2 Systém PES

1.3.3 Druhy opatření

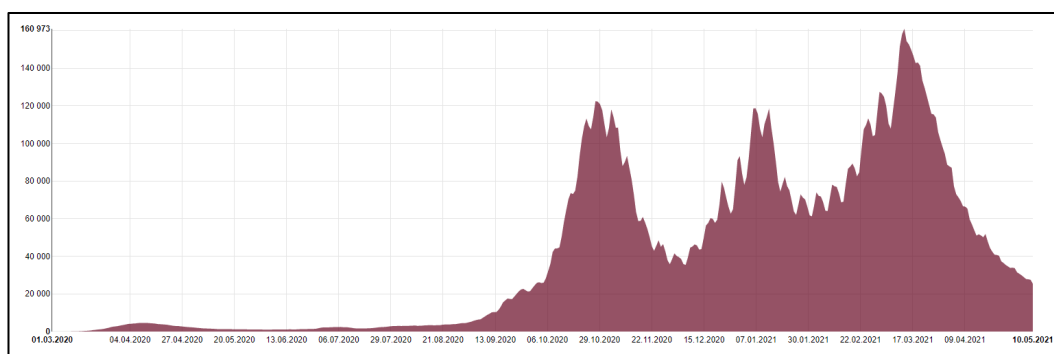
Jak vyplývá z popisu historie vývoje pandemie na našem území v předchozích kapitolách, byla zaváděna různá opatření pro zmírnění dopadu šíření koronaviru SARS-CoV-2. Pro přehlednost je rozdělím do kategorií. Asi nejznámější opatření je povinnost nosit ochranu dýchacích cest, kvůli omezení šíření kapének při kašli a kýchání. Ze stejného důvodu vzniklo i dodržování rozestupů na 2 metry. Na rozestupy navazují další opatření s cílem omezit shlukování lidí. Jde o omezení pohybu osob po určité hodině, které vzniklo jako předejítí šíření viru v barech, klubech, hospodách a jiných zařízeních podobného

charakteru. Můžeme sem řadit uzavření obchodů a služeb, zde běžně dochází ke shlukování osob ve frontách a celkově se zde pohybuje větší počet lidí na limitovaném prostoru v delším časovém horizontu. A také kontroverzní uzavření vysokých, středních a základních škol, respektive jejich přechod na dálkový způsob výuky. Dále omezení kulturních a sportovních akcí, zde jsou důvody stejné jako u uzavření obchodů a služeb.

1.3.4 Aktuální data

Nyní 18. května 2021 se počet nakažených snižuje.

Aktuálně ke dni 18. 5. 2021 se v Česku nachází 25 407 osob s diagnostikovaným onemocněním COVID-19 [3]. Celkem bylo provedeno 21 389 353 testů. Celkový počet případů na území České republiky je roven číslu 1 653 099, z toho je 1 596 931 vyléčených. Na nemoc zemřelo 29 913 lidí. Počet hospitalizovaných je 1 310.



Obrázek 3 Vývoj počtu nakažených v České republice

Ve světě jsou k dnešnímu dni 18. května 2021 tato čísla 16 687 649 diagnostikovaných nakažených, 101 750 osob ve vážném či kritickém stavu (počet hospitalizovaných statistika neuvádí). Celkový počet případů se vyšplhal na číslo 164 262 338, z toho se 144 170 695 vyléčilo. Statistika [19] také neuvádí počet provedených testů, bude to nejspíš proto, že ne všechny země tyto statistiky uvádějí.

Musíme počítat s tím, že se tato čísla týkají pouze diagnostikovaných osob, reálný počet nakažených tak může být mnohem vyšší. Stejně tak počet úmrtí na nový koronavirus může být zkreslený, některé země do statistik zahrnují nejen úmrtí způsobená přímo koronavirem, ale i úmrtí na přidružené komplikace, jiné země nikoliv.

Počet nakažených se stále drží vysoko a navzdory novému systému dokonce stoupá. S přihlédnutím k historii beru jako hlavní problémy a příčiny stavu, ve kterém se nacházíme, skutečnost, že větší počet nakažených lidí může jednoduše onemocnění snadněji rozšířit, zvláště u takto infekčního viru. Nedodržování vydaných nařízení a jejich nedostatečné respektování má za následek zrychlení celého procesu. K omezení přenosu se zdá být nezbytná podpora nařízení omezující přenos, tedy hlavně dodržování rozestupů a nošení ochrany dýchacích cest.

1.4 Dotazník

Rozhodl jsem se vytvořit dotazník jako nástroj, který mi pomůže určit, jaké zařízení z probraných ve třetí kapitole dává největší smysl v rámci bakalářské práce zrealizovat, či jakým směrem se alespoň ubírat. Chci najít kompromis mezi potenciální účinností takového zařízení a jeho cenou, tedy dostupností pro plošné využití, ale také ochotou lidí toto zařízení používat. Nejedná se o stěžejní část práce a tak nejde o zvlášť rozsáhlý dotazník, skládá se z celkem 6 otázek. Otázky jsou voleny s cílem získat informace především o tom, jaké pomůcky dotazovaní používají a v jakých pomůckách a opatřeních vidí smysl.

1) Prodělali jste onemocnění COVID? (pokud o tom víte)

Úvodní otázka. Myslím si, že by mohlo jít o zajímavá data ve vztahu k dalším otázkám. Zajímá mě, jestli prodělání toho onemocnění bude mít nějaký výraznější vliv na názory dotazovaných.

Možné odpovědi:

Ano

Ne

2) Dodržujete současná opatření?

Podobně jako u předchozí otázky mě zajímá vztah mezi odpověďmi na tuto otázku a na následující, především otázky 5 a 6. Také sám o sobě by tento údaj mohl být zajímavý, především chci zjistit, kolik lidí opatření nedodržuje částečně a úplně.

Možné odpovědi:

Ano, bezvýhradně

Spíše ano

Spíše ne

Nedodržuji

3) Jaké používáte ochranné pomůcky?

Cílem je zjistit jaké konkrétní ochranné pomůcky dotazovaní využívají. Na tuto otázku lze odpovědět více možnostmi.

Možné odpovědi:

Roušku

Respirátor FFP1

Respirátor FFP2

Respirátor FFP3

Obličejový štít
Plynovou masku
Maska vytisknutá na 3D tiskárně
Ochranný oblek
Brýle
Rukavice
Dezinfekce na ruce
Dezinfekční ubrousky
Antibakteriální mýdlo
Nepoužívám ochranné pomůcky
Jiné (uveďte):

4) Jaké pomůcky v oboru Kybernetiky využíváte?

Dotaz navazující na předchozí, rozdíl je zaměření na obor kybernetiky. Na tuto otázku lze také odpovědět více možnostmi, stejně jako na předcházející otázku.

Možné odpovědi:

Aplikace E-rouška
Videokonference
3D tisk ochranných pomůcek
Bezdotykový dávkovač mýdla/dezinfekce
Nepoužívám tyto ochranné pomůcky
Jiné (uveďte):

5) Která z následujících opatření vidíte jako smysluplná?

Další otázka zkoumá vztah dotazovaného k již zavedeným opatřením. Domnívám se, že pokud lidé vidí v opatřeních smysl, budou je dodržovat spíš, než kdyby je považovali za zbytečná či neúčinná. I tato otázka má možnost několika voleb.

Možné volby:

Nošení ochranných prostředků

Dodržování rozestupů

Omezení volného pohybu (např. omezení pohybu po 23. hodině)

Uzavření škol, obchodů, služeb

Omezení kulturních a sportovních akcí

6) Které z následujících opatření vám nejvíce vadí a zdůvodněte?

Otázka podobná té předchozí, jen opačného charakteru. Jejím cílem je identifikovat nejméně oblíbené opatření.

Možné odpovědi:

Nošení ochranných prostředků

Dodržování rozestupů

Omezení volného pohybu (Např. omezení pohybu po 23. hodině)

Uzavření škol, obchodů, služeb

Omezení kulturních a sportovních akcí

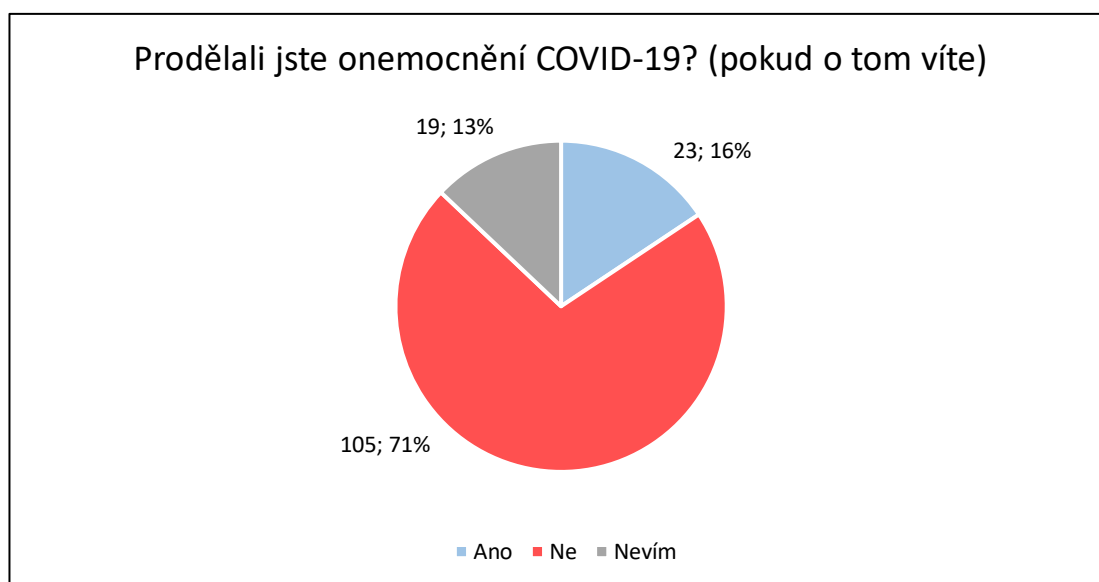
Zdůvodněte:

1.5 Výsledky dotazníku

Celkem odpovídalo 147 respondentů. Dotazník byl vyplňován členy mé rodiny a přáteli a také jsem ho sdílel skupině Purkyňových kolejí na sociální síti Facebook. Jsou tu zastoupeny různé věkové kategorie, osoby různých povolání a dokonce i lidé několika národností, pobývajících na území České republiky. Jde o poměrně pestrý vzorek populace, počet respondentů považuji za dostatečný pro reprezentaci názorů ve společnosti.

1) Prodělali jste onemocnění COVID? (pokud o tom víte)

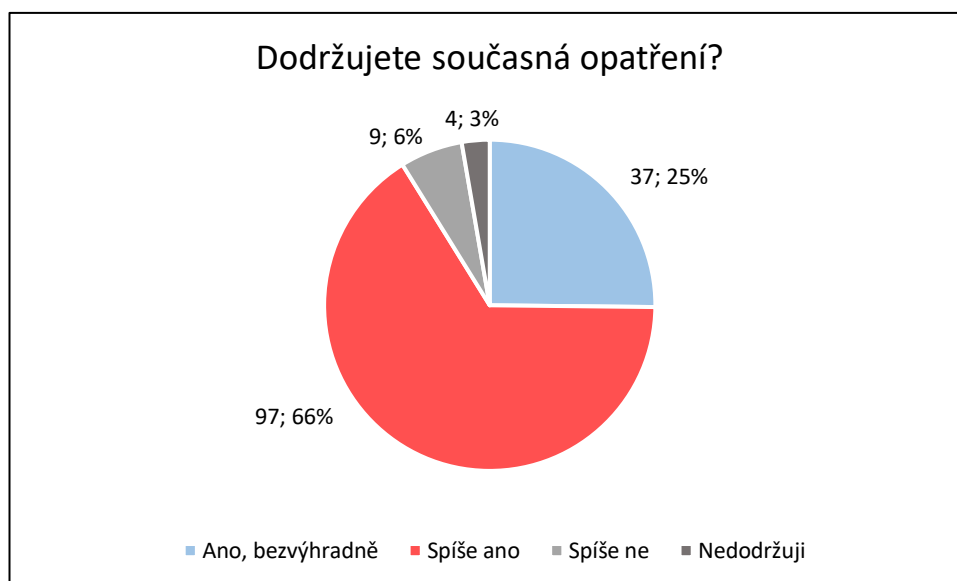
Na tuto otázku odpovědělo 71,4 % respondentů negativně, 15,6 % dotazovaných pozitivně a zbytek neví. Takové výsledky mě moc nepřekvapily a spíše jsem je očekával, nejvýš jsem předpokládal o pár procent vyšší podíl odpovědi „Nevím“.



Graf 1 Výsledky otázky č. 1

2) Dodržujete současná opatření?

Podle výsledků ankety lidé současná opatření spíše dodržují, konkrétně 66 %. 25,2 % respondentů pak zavedená opatření dodržují bezvýhradně, 6,1 % pravidla spíše nedodržuje a 2,7 % dotazovaných nařízení nedodržuje. Zde jsem očekával, že se nenajde nikdo, kdo by opatření nedodržoval.



Graf 2 Výsledky otázky č. 2

3) Jaké používáte ochranné pomůcky?

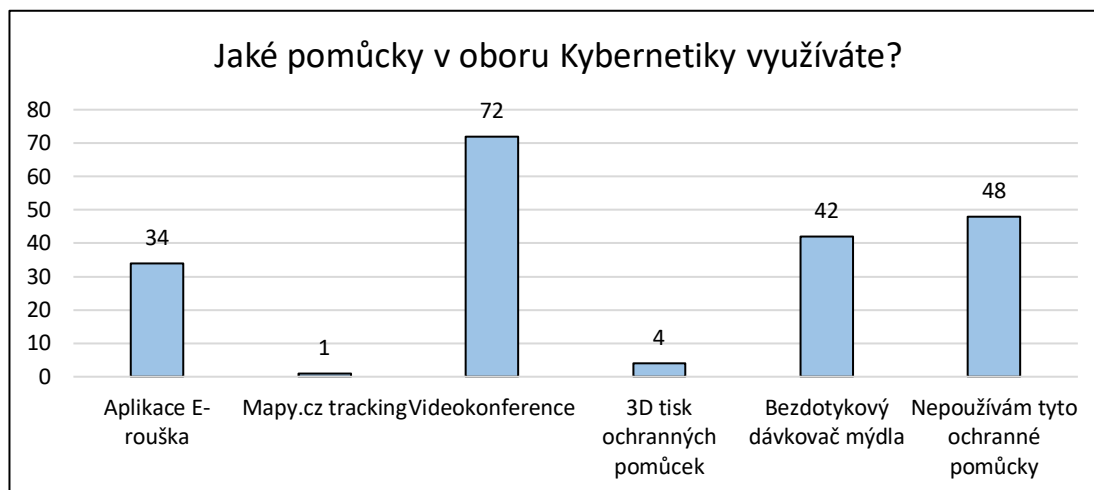
Nejčastěji používanou pomůckou je dle mého očekávání rouška, tu používá dokonce 95,2 % ze všech dotazovaných. Často také lidé používají dezinfekci na ruce a antibakteriální mýdlo. Nad 5 % se dostaly ještě respirátor třídy FFP2, rukavice a dezinfekční ubrousky. Za zajímavé pokládám, pokud respondent nevolil možnost z recese, že někdo jako ochranu používá plynovou masku. Podobné výsledky jsem očekával.



Graf 3 Výsledky otázky č. 3

4) Jaké pomůcky v oboru Kybernetiky využíváte?

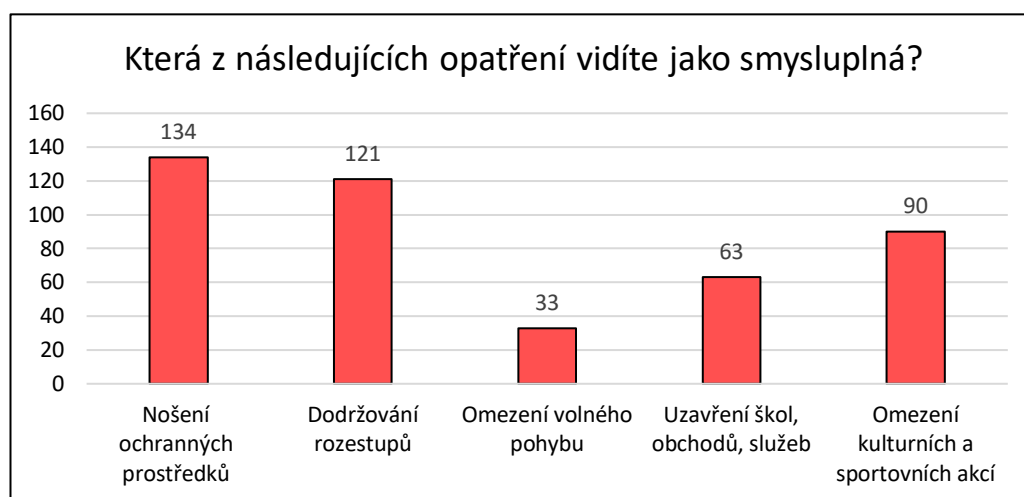
Co se kybernetických pomůcek týče, lidé hojně využívají videokonferencí (skoro 50 % respondentů), používány jsou i trasovací aplikace a bezdotykový dávkovač mýdla. 32,7 % dotazovaných uvedlo, že nepoužívají pomůcek z oboru kybernetiky.



Graf 4 Výsledky otázky č. 4

5) Která z následujících opatření vidíte jako smysluplná?

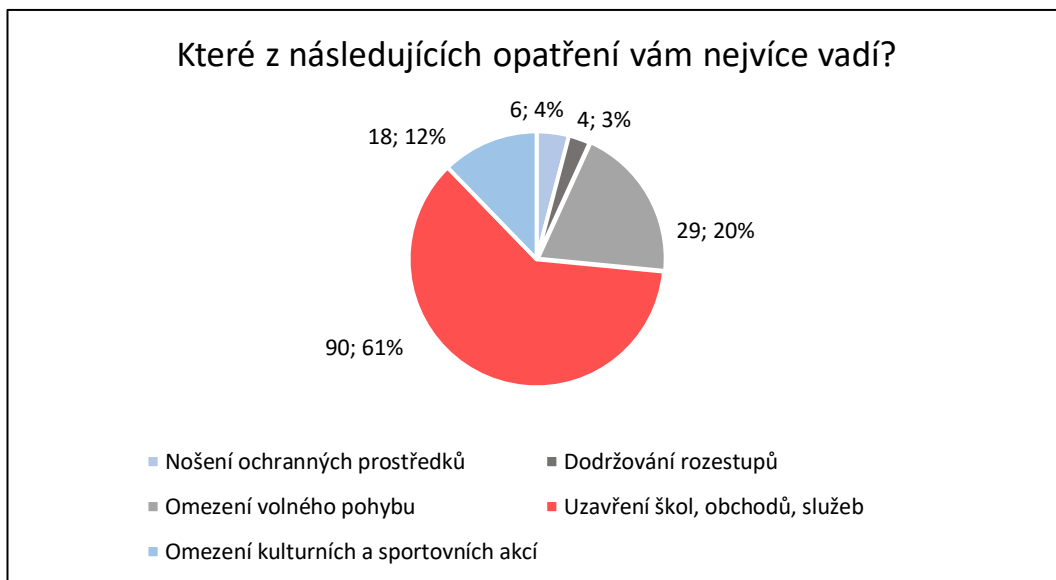
Za nejsmysluplnější opatření účastníci ankety považují nošení ochranných prostředků, v těsném závěsu následuje dodržování rozestupů. Více než 60 % dotazovaných vidí smysl i v omezení kulturních a sportovních akcí. Nejméně lidí vidí smysl v omezování volného pohybu.



Graf 5 Výsledky otázky č. 5

6) Které z následujících opatření vám nejvíce vadí a zdůvodněte?

Respondentům nejvíce vadí uzavření škol, obchodů a služeb. Za zajímavou pokládám skutečnost, že tato možnost neskončila v předchozí otázce na posledním místě, lidé tak v tomto opatření vidí aspoň částečně smysl i když jim vadí. Velké části respondentů vadí omezení volného pohybu a omezení kulturních a sportovních akcí.



Graf 6 Výsledky otázky č. 6

Co se uváděných důvodů týče, nejčastěji respondenti nevidí smysl v daném opatření, nebo jim přijde zbytečné. U uzavření škol a služeb vadí dotazovaným zanedbávání výuky a také likvidace menších podniků a živnostníků. S tím souvisí i obavy o vývoj ekonomiky. Na omezení volného pohybu respondentům nejčastěji vadí zásah do svobody. V souvislosti s nošením ochranných pomůcek se lidem nejčastěji nelíbí nepohodlí. Našli se i lidé, kterým vadí uzavření kin, nebo jim je prostě jenom smutno.

1.5.1 Závěr dotazníku

Výsledky dotazníku dopadly podle mých očekávání. Lidé, jak jsem předpokládal, nejvíce nosí roušky, zavedená opatření spíše dodržují a to i když v nich ne vždy vidí smysl a někdy s nimi nesouhlasí. Některá data už nemusí být aktuální (nejvíce lidí používá roušku), jelikož byl průzkum dělán v prosinci 2020 a situace se od té doby změnila a lze předpokládat, že nyní by roušku na první pozici vystřídal FFP2 respirátor. Více jak polovina respondentů používá pomůcku, jejíž návrh využívá oboru kybernetiky. Někteří respondenti přispěli i doplněním další možnosti volby v anketě, irelevantní odpovědi byly z grafů vyřazeny.

2. KYBERNETICKÉ NÁSTROJE

Mezi kybernetické nástroje můžeme zařadit jakákoliv řešení a zařízení, která využívají poznatků v tomto oboru. Jelikož se tento obor zabývá získáváním a přenosem informací, budou zahrnuty řešení, při kterých je použito nějakých čidel, měření veličin, použití výpočetní techniky a tak dále. Tyto termíny byly použity jako klíčová slova při vyhledávání jednotlivých řešení.

Některá zařízení, kterým se budu věnovat, jako třeba bezkontaktní teploměry, kamerové systémy nebo 3D tisk se dnes už běžně používají a již stihli přispět v boji proti nemoci COVID-19.

2.1 Bezkontaktní teploměry

Jelikož je jedním z příznaků nemoci zvýšená teplota, použití teploměru při snaze alespoň přibližně diagnostikovat potenciálního nakaženého je tedy logické řešení. Kvůli bezpečnosti při měření (hlavně dodržování odstupu) a rychlosti měření se používají bezkontaktní teploměry. Nelze pochybovat o tom, že se zvýšila poptávka po těchto teploměrech. Zařízení používaná v této oblasti jsou bezkontaktní teploměry měřící záření vydávané objektem [20]. Tyto teploměry měří záření o vlnové délce odpovídající infračervenému záření, tedy vlnové délce, která odpovídá vyzařovanému teplu. Teploměry, které se používají k měření teploty lidského těla mají většinou největší citlivost kolem 37° Celsia. Dá se tvrdit, že jsou velmi rychlé v porovnání s teploměry kontaktními digitálními i kapalinovými (rtuťové i lihové), teplotu naměří v řádu desetin vteřiny.

Podle serveru Heureka [21] jsou nevyhledávanější bezkontaktní teploměry modely Q5 a Q7 od firmy TrueLife. Považuji tyto modely za typické zástupce této kategorie. Výrobce uvádí přesnost $\pm 0,2$ °C pro oba modely s rychlostí měření 0,5 s pro model Q5 [22 s. 5] a 0,8 s pro Q7 [4 s. 7]. Zařízení mají tlačítko pro zahájení měření a display indikující měřenou teplotu. Některé modely mají i další funkce, jako například paměť pro uchovávání naměřených hodnot. Cena zařízení je k datu 29. prosince 2020 na online eshopu DrMax 999 Kč za model Q7 a 1250 Kč za Q5.



Obrázek 4 Typický zástupce - TrueLife Q7

Jak je patrné z předchozího textu, bezkontaktní teploměry jsou cenově dostupné a mají dostatečnou rychlost měření. Zdá se i, že mají pro měření teploty těla dle výrobce dostatečnou přesnost. Podle mnoha recenzí těchto zařízení i podle mých osobních zkušeností s několika modely různých výrobců je ovšem toto jejich slabá stránka. Přesnost a opakovatelnost výsledků měření. I přes údaje udávané výrobcem tato zařízení udávají jiné výsledky při opakovatelném měření a to třeba i o 0,5 °C v porovnání s teploměrem rtuťovým, což může být rozdíl mezi diagnostikováním zvýšené teploty a špatným určením potenciálního nemocného. Dá se předpokládat, že dražší zařízení budou přesnější.

2.2 Kamerové systémy

2.2.1 Termokamery

Tato kapitola by mohla být umístěna i v předchozí části, zabývající se teploměry. Jde totiž o systémy měřící teplotu lidského těla, k monitorování ovšem využívají kamery či celý kamerový systém. Výhodou těchto řešení je hned několik. Jednak nemusí být osoba „operující s teploměrem“ v blízkosti testované osoby a riziko nákazy se tak snižuje. Také bude mít tento systém mnohem větší kapacitu, může měřit až několik objektů najednou a ve srovnání s ručním bezkontaktním teploměrem, digitálním kontaktním i kapalinovým i rychleji.



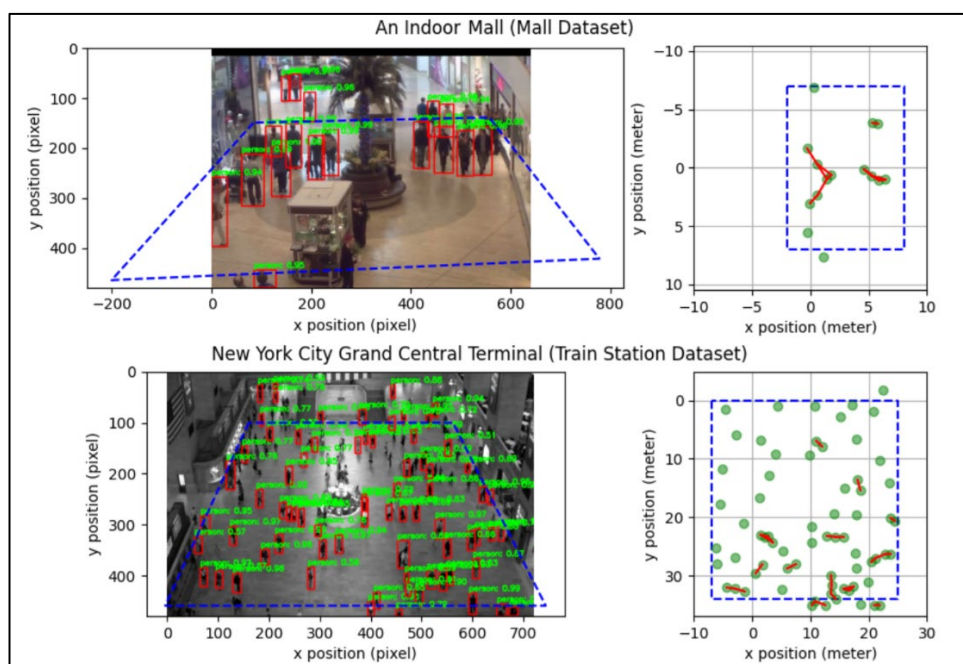
Obrázek 5 Obrazový výstup z termokamery

Podle securitymagazine [23] je nevýhoda této metody v nutnosti její přesné kalibrace, měřená teplota na povrchu těla je mírně nižší, než skutečná tělesná teplota a je nezbytné s tím při nastavování systému počítat. Za další nevýhodu tohoto řešení považuji jeho cenu, systémy využívající technologii termokamer budou nákladnější, než bezkontaktní teploměr. Ruční bezkontaktní teploměr je ale určený spíše pro domácí použití, popřípadě pro použití do méně náročných a kapacitně vytížených podmínek. Systémy s termokamerami dokáží za stejný časový úsek měřit mnohem více osob, popřípadě několik lidí najednou. Jsou určeny spíše pro profesionální použití do obchodů, nákupní center nebo na letiště. Pokud má kamerový systém uchovávat záznam, musí také splňovat podmínky zákonů o uchovávání a zpracovávání osobních informací podle oblasti, kde bude používán.

2.2.2 Počítačové vidění

Jedním z opatření, která byla zavedena je dodržování rozestupů. Dodržování vzdáleností 2 metry mezi lidmi má omezit přenos pomocí kapének. Ty po jejich vyloučení (vykašlání) urazí určitou vzdálenost. Díky rozestupům jednoduše kapénky dříve spadnou na zem, než aby se dostaly na někoho jiného. Za nejrizikovější místa můžeme pokládat prostory s vysokou koncentrací lidí, jako jsou nákupní centra, úřady, školy, kulturní a sportovní akce a kdekoli jinde, kde mohou vznikat fronty.

Jako u všech ostatních opatření, je toto účinné jen tehdy, pokud ho budou lidé hromadně dodržovat. Zde se nabízí využití systémů počítačového vidění. Za pomoci počítačového vidění lze rozpoznat lidské postavy, určit jejich rozměry, velikost jiných objektů a další data. Porovnáváním těchto parametrů lze tak přesně určit kromě rozměrů i vzdálenosti mezi objekty. Nás zajímá především měření vzdálenosti mezi lidmi. Mnou uváděný příklad [6] mapuje rozestupy lidí pomocí převedení jejich pozic do 2D mapy prostoru ve kterém se nacházejí.



Obrázek 6 Systém hlídající rozestupy pomocí počítačového vidění

Tyto systémy mají velkou kapacitu, dokáží monitorovat velké množství osob najednou a řeší dodržování zavedeného opatření, tím zvyšuje jeho efektivitu. Nevýhoda tohoto řešení je podobně jako u systému využívající termokamery jeho cena, systém je ale spíše než na použití doma, určen pro použití na veřejných místech, podobně jako v předešlé části. Stejně jako v předchozí kapitole platí, že pokud takový systém nahrává záznam, musí splňovat podmínky dané zákony upravující nakládání s osobními údaji a jejich uchovávání v místě používání.

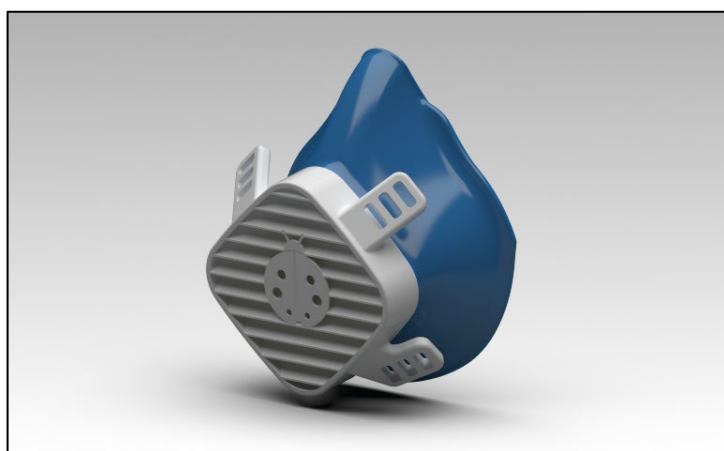
2.3 3D tisk

3D tisk je během pandemie koronaviru hojně využívanou technologií. Jedná se o ochranné pomůcky, které jsou vyráběny. Většinou jde o náhradu komerčně dostupných řešení z důvodu jejich nedostatku. Sám jsem měl tu možnost několik ochranných pomůcek během jara a léta minulého roku tisknout, konkrétně masky a držáky na roušku. V následující kapitole se jimi budu zabývat, stejně jako asi nejznámější ochrannou pomůckou, vyrábějící se pomocí 3D tisku, obličejovým štítem.

2.3.1 Masky

Na internetu lze najít nepřeberné množství návrhů k tisku těchto zařízení. Jde o zařízení nahrazující roušku či respirátor. Jejich účinnost je různá, většinou ovšem srovnatelné s rouškou a někdy i s respirátorem vyšších tříd. Záleží hlavně na použitém filtru. Tato zařízení jsou většinou zčásti improvizovaná, poskládaná nejen ze součástek vytisknutých na 3D tiskárně, ale i z běžně dostupných věcí, jak bude ukázáno na příkladu.

Na jaře roku 2020 jsem zkoušel masky tisknout také. Konkrétně model z Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého učení technického v Brně [24], za kterým stojí tým z oboru průmyslové automatizace. Různá řešení dostupná na internetu jsou si konstrukčně podobná, proto tento model беру jako příklad.



Obrázek 7 Maska navržená týmem z VUT FEKT

Skládá se ze dvou vytisknutých dílů a to z masky na obličej a druhého kusu na usazení filtru. Mezi tyto dvě části je vložen filtr, vše je utěsněno gumovou rukavicí, tu drží na místě gumička nasazená v drážce. Z vlastní zkušenosti mohu tvrdit, že taková maska velmi dobře těsní. Co se efektivity týče, zdroj uvádí, že s odpovídajícím filtrem může být srovnatelná s respirátory třídy FFP2.

Masku vytištěnou na 3D tiskárně považuji spíše za alternativu respirátoru než roušky. V porovnání s rouškou se jedná jednoznačně o lepší řešení, těsní a může být efektivnější. S filtrem vyrobeným z běžně dostupných materiálů sice nedosahuje úrovně filtrace

respirátoru FFP3, ale výhodou je, podobně jako u roušky, absence ventilu, filtrovaný je i vydechovaný vzduch a snižuje se tak pravděpodobnost nakažení se od uživatelů těchto masek.

2.3.2 Obličejové štíty

Asi nejznámějším a nejčastěji tisknutým objektem v “době koronavirové“ jsou obličejové štíty. Na začátku pandemie, kdy byl nedostatek ochranných pomůcek, byly obličejové štíty tisknuty právě jako kompenzace jejich omezené dostupnosti. Do tisku se zapojila tiskařská komunita, ale i firmy, například Prusa Research. Jedná se o zařízení ve tvaru oblouku, které slouží k upevnění plexiskla, či jiného čirého materiálu, sloužícího jako zábrana před kontaktem s kapénkami obsahujícími nebezpečný patogen.



Obrázek 8 Štít navržený firmou Prusa Research

Vytisknout lze tedy jen část obličejové masky, její kostru. Ta se skládá z oblouku na čelo a často z dalších menších součástí, které slouží k upevnění již zmiňovaného plexiskla. Některé verze (například verze od Prusa Research [25]) mají i spodní oblouk, ten slouží ke zpevnění a fixaci tvaru plexiskla. Vše je k hlavě připevněno gumovým popruhem.

Obličejový štít je používán hlavně zdravotním personálem jako doplněk k roušce a dalším pomůckám, jeho výhodou je zamezení přímého kontaktu s kapénkami. Jedná se o praktické řešení i díky své průhlednosti, nositeli je možno odezírat ze rtů, pokud tedy nenosí ještě roušku či respirátor. Toho je využíváno především ve školství. Kromě vytištěných obličejových štítů existují i varianty vyráběné konvenčními metodami, jako je vstřikování.

2.3.3 Držáky na roušky

Za zajímavé řešení využívající 3D tisk také považuji zařízení držící roušku. Myslím si to hlavně z toho důvodu, že z mojí osobní zkušenosti i ze závěrů ankety lidé roušky skutečně nosí. Toto zařízení může zjednodušit jejich používání a zvýšit komfort při nošení, který byl v anketě roušce vytčen.

Jako příklad uvedu řešení navržené firmou Creality, která se zabývá vývojem a výrobou 3D tiskáren. Zařízení z plastu má tvar spony s nožičkami pro uchycení popruhů roušky [9]. Rouška tak svého nositele netahá za uši a síla gumičky je rovnoměrně rozložena po celém obvodu hlavy. Držáky tiskne sama firma, ale jsou volně ke stažení na jejich stránkách a každý si je tak může tisknout sám doma za předpokladu, že disponuje 3D tiskárnou.



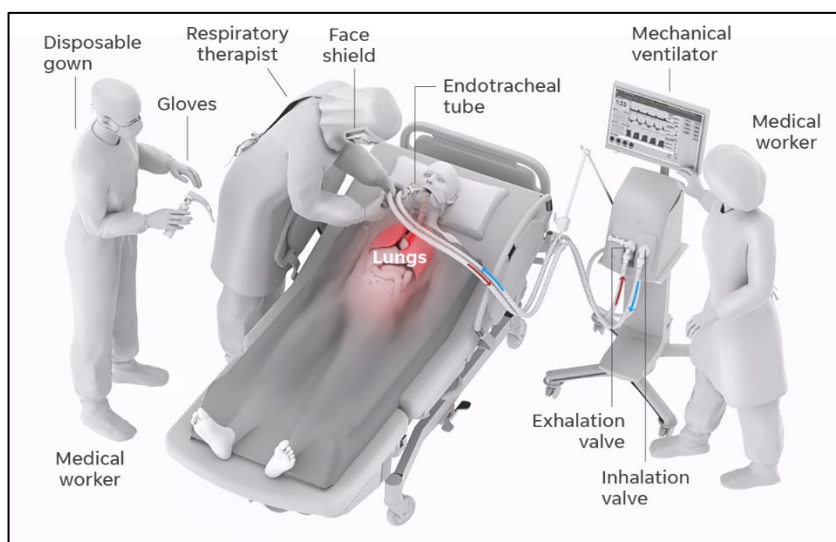
Obrázek 9 Spona na roušku od Creality

Osobní zkušenost s tiskem tohoto druhu pomůcek nemám, jeví se mi to ale jako zajímavá alternativa k jiným pomůckám vytištěným na 3D tiskárně. Usnadní nošení, podle ankety, nejvyužívanější ochrany dýchacích cest. Navíc není držák nikterak objemný, spotřeba filamentu na tisk nebude velká a je také možné tisknout jich několik najednou a rychle, článek uvádí 5 kusů za hodinu.

2.4 Plicní ventilátory

Za kybernetické pomůcky v boji s koronavirem můžeme považovat i plicní ventilátory, neboť jejich konstrukce tohoto oboru také využívá. Jedná se o přístroj podporující či zastupující dýchací soustavu pacienta. Používá se až v případě, když se nakažený ocitne ve vážném stavu.

Umožňuje snadnější příjem kyslíku pacientovi a pomáhá svalům používaným při dýchání [26]. Mírní tak jedny z příznaků onemocnění COVID-19, obtížné dýchání a dušnost. Existuje několik typů plicních ventilátorů, nejčastěji používané stroje mají obličejovou masku, nebo trubicu připojenou na dýchací soustavu pacienta. Skládají se z pneumatické části [27], která zařizuje mechaniku systému, fyzicky provádí dýchání, potom část elektronickou, která celý proces řídí a uživatelské rozhraní pro monitorování a volbu parametrů plicní podpory.



Obrázek 10 Použití plicního ventilátoru

O výhodách a nevýhodách těchto zařízení nemá smysl diskutovat, jsou nákladné, ale jde o nutné pomůcky, které nelze ničím nahradit.

2.5 Trasovací aplikace eRouška

Pomůcka v podobě aplikace pro chytré telefony [28], za kterou stojí ministerstvo zdravotnictví české republiky. Je dostupná jako pro Android, tak pro iOS. Za úkol má pomoci hygienickým stanicím s trasováním potenciálních přenosů nemoci. Aplikace využívá služby určování polohy, konkrétně vyhledává viditelná Bluetooth zařízení, každý uživatel používající aplikaci má svoje identifikační číslo, vše je podle tvrzení autorů projektu anonymní. Pokud uživatel přijde do kontaktu s nakaženým, aplikace ho na to upozorní. Pokud se uživatel dozví, že je sám nakažený, sdělí to aplikaci a ta upozorní ostatní uživatele, kteří se vyskytovali v blízkosti nakaženého. Vše samozřejmě funguje pouze v případě, že jsou všichni zúčastnění uživateli a že opravdu nahlásí, že byli nakaženi. Efektivita této aplikace tedy závisí nejen na počtu jejich uživatelů, ale i jejich zodpovědnosti.



Obrázek 11 Vzhled aplikace eRouška

Konkurencí této aplikaci dělá trasování na stránkách Mapy.cz od společnosti Seznam [29], využívá již hotovou a prověřenou infrastrukturu map Mapy.cz

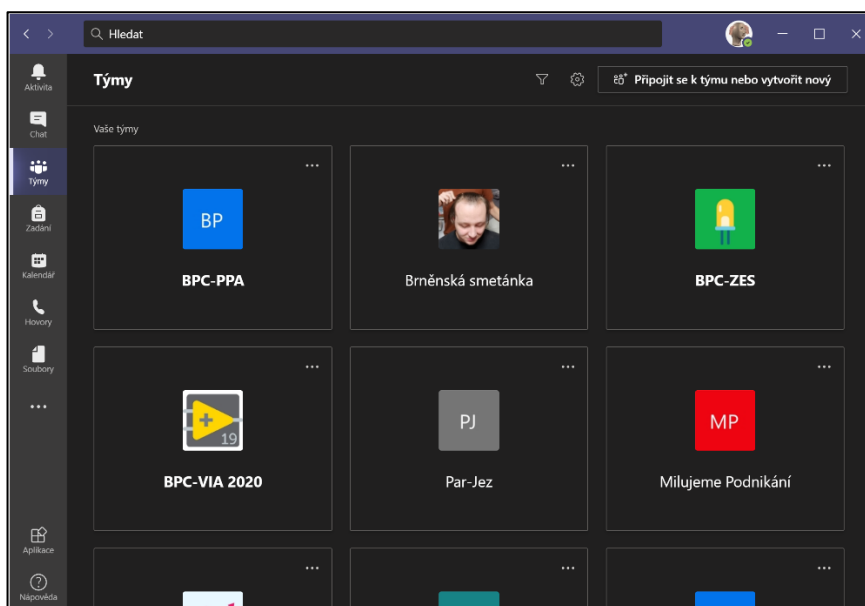
Myslím si, že tato aplikace má velký potenciál a může to být užitečný nástroj pro hygienické stanice při trasování přenosu, její nevýhoda je ovšem nutnost masového používání. Z tohoto důvodu se jedná sice o pomůcku zajímavou, nicméně ve vztahu k rozšíření nespolehlivou. Tato aplikace také byla terčem kritiky za její spojitost s vládou České republiky, pro část veřejnosti se stala nedůvěryhodnou. Konkrétně šlo o pochybnosti o anonymitě získávaných údajů o poloze, protože nakládání s daty o poloze a spatřených Bluetooth zařízeních bylo kompletně v režii aplikace. Novější verze aplikace eRouška už používají služby určování polohy od firmy Google, dá se tedy tvrdit, že tento

problém byl již odstraněn a důvěra je vkládána do rukou soukromé společnosti. Nevýhodou tohoto řešení je nutnost mít neustále zapnuté určování polohy pomocí GPS. Náročnost této funkce na baterii telefonu může některé potenciální uživatele odradit.

2.6 Videokonference

Ve firemním prostředí i ve školství se programy zprostředkovávající videokonference staly denním chlebem. Nahrazení klasických konferencí těmi dálkovými je dobré nejen z bezpečnostního hlediska a snížení rizika nákazy, jde i o úsporu časovou. Hlavně pro tuto skutečnost jsou videokonference ve firmách využívány už nějaký čas. Ve školství bylo ovšem k masovému používání přistoupeno až po uzavření škol na začátku roku 2020 jako k prostředku alespoň částečně nahrazující prezenční výuku. A to jak na vysokých, tak i na středních, základních a mateřských školách.

Mezi nejznámější řešení patří Teams a Skype od firmy Microsoft, Meet od Googlu, Webex od společnosti Cisco, program Zoom od Zoom Video Communications, nebo třeba GoToMeeting od společnosti LogMeIn.



Obrázek 12 Vzhled programu Microsoft Teams

Všechny tyto programy nabízí zprostředkování dálkového hovoru, to i pro několik uživatelů současně. Spolu se zvukem jsou schopny přenášet i videozáznam a sdílet obrazovku vysílajícího. Lze v nich zakládat místnosti pro přehlednější rozdělení konferencí a konverzací. Některé programy využívají i jiných služeb firmy, konkrétně programy Teams a Meet mohou využívat kalendáře a kancelářské balíky, které firmy Microsoft a Google také nabízejí.

Výhodou těchto systémů je zamezení přímého kontaktu osob a úplné vyloučení rizika nákazy, jako každý software ale může být nestabilní a závisí na rychlosti připojení uživatele a serverech poskytovatele služby. Určování výhod a nevýhod této technologie nemá smysl, neboť neexistuje alternativní řešení, se kterým bych je mohl porovnávat (konference na živo neberu v úvahu, neboť se nejedná o řešení situace). Lze ovšem porovnávat jednotlivá řešení mezi sebou. Některé programy, například Teams a Skype, potřebují registraci, například Webex ji nepotřebuje. Někdo může považovat za výhodu Teams napojení na jiné služby firmy Microsoft, to samé u řešení od Google.

2.7 Bezdotykové dávkovače mýdla a dezinfekce

V této části práce se zařízením zabývám především proto, že se vyskytuje v anketě. Jde o jednoduchý přístroj dávající mýdlo či dezinfekci. K tomu dochází bez nutnosti uživatele mačkat pumpičku, bakterie ze špinavých rukou se nedostanou na samotný dávkovač. Hodí se především tam, kde si myje a dezinfikuje ruce více lidí, tedy na veřejných místech jako jsou obchody, úřady nebo školy. Využití ovšem nalezne i v domácnostech.

Princip zařízení je následující. Poté, co senzor zaznamená přítomnost objektu, v tomto případě ruky, se spustí motorek a vytlačí dávku mýdla či dezinfekce na ruku v prostoru pod vyústěním zásobníku s mýdlem. Zásobník je demontovatelný a nahraditelný či doplnitelný.

Zařízení stojí v řádu několika stokorun, podle portálu Heureka [30] jsou ceny nejvyhledávanějších produktů v rozmezí 200–1000 Korun českých, jedná se tedy o cenově spíše dostupné produkty, jejich cena je výhodou, stejně tak zvýšení úrovně hygieny. Nevýhodou může být neatraktivita pro uživatele, kteří již disponují klasickým “kontaktním” dávkovačem.

Během průzkumu bylo nalezeno i další zařízení, které by mohlo být na tento seznam zařazeno, automat s rouškami a respirátory. Jelikož se ale jedná o obyčejný výdejní automat, pouze prodávající ochranné pomůcky, nezdálo se být toto zařízení relevantní a bylo vyškrtnuto.

2.8 Závěr přehledové rešerše

Byly popsány vlastnosti nového koronaviru, způsoby šíření, příznaky i historie a vývoj situace ve světě i v České republice.

Jak bylo v práci ukázáno, existuje řada zařízení a pomůcek využívající poznatky a technologie oboru kybernetiky, které se používají za účelem omezit šíření viru SARS-CoV-2, usnadnit život v karanténě, zefektivnit distanční výuku a práci, či zlepšit péči o pacienty ve vážném stavu. Výhodou řady z nich je, že naleznou využití i mimo pandemii. Plicní ventilátory mohou být použity pro jakékoliv pacienty s dýchacími potížemi. Teploměry, kamerové systémy a pomůcky tištěné na 3D tiskárnách lze použít i proti jiným nemocem, v případě masek třeba i k ochraně dýchacích cest v prašném prostředí. Dávkovače mýdla a dezinfekce zvyšují celkovou úroveň hygieny nejen na veřejných místech. Videokonference mohou sloužit k usnadnění komunikace v rámci firmy nebo školy.

Lze prohlásit, že některá zařízení se podařilo úspěšně adaptovat na nastalou situaci. Systémy a pomůcky, které byly vyvinuty jako reakce na pandemii zase přispějí ke zjednodušení života, jejich vývoj by nebyl zbytečný, ani kdyby žádný vir svět globálně neohrožoval. A to považuji za jejich největší výhodu.

V rámci bakalářské práce bych se rád pokusil o realizaci zařízení, které by hlídalo rozestupy v obchodech a nákupních střediscích. Dle ankety lidé vidí v dodržování rozestupů smysl a zároveň by po takovém zařízení mohla být poptávka. Toto řešení by představovalo konkurenci systémům, které hlídají rozestupy s využitím počítačového vidění.

3. NÁVRH SYSTÉMU

Systém hlídající dodržování rozestupů lze realizovat více způsoby. Kamerovým systémem, jak již bylo ukázáno v předchozích kapitolách, nebo měřením signálu mezi 2 zařízeními. Zvolen byl systém, pracující na principu měření vzdálenosti pomocí síly signálu. Takové zařízení jsem v praxi neviděl a myslím, že by toto řešení mohlo být funkční.

Zařízení bude muset nějakým způsobem určovat vzdálenost mezi sebou a jinými kusy. Prozkoumány byly 2 varianty a to určování vzdálenosti pomocí Bluetooth a měření pomocí radiofrekvenčních vysílačů a přijímačů. Po krátkém ozkoušení obou variant bylo rozhodnuto dále rozvíjet variantu využívající Bluetooth, toto řešení se zdálo jako jednodušší na realizaci.

Systém bude varovat uživatele při přiblížení na nebezpečnou vzdálenost. Většina omezení a nařízení pracuje s hodnotou 2 metry, tato vzdálenost tedy bude brána jako hranice, při které se sepne signalizace přiblížení se k jinému zařízení. Samotná signalizace by měla být výrazná, aby si jí všiml i uživatel věnující pozornost jiné činnosti. Přístroj bude disponovat akustickou a optickou signalizací. Zařízení má fungovat samostatně a nezávisle na externím napájení, bude tedy muset disponovat baterií s dostatečnou kapacitou, která udrží zařízení v chodu dostatečně dlouho. Ideálně by měl být zajištěn chod po otevírací dobu podniku, přičemž výdrž samozřejmě může být vyšší. Také je potřeba úroveň baterie monitorovat, aby bylo jasné, kdy zařízení připojit k dobíječce a aby se předešlo jejímu poškození, či dokonce zničení a případnému vznícení. Přístroj nesmí být moc rozměrný, neměl by příliš překážet při montáži např. na nákupní košík. Zároveň je zapotřebí odolnost vůči hrubšímu zacházení. Pokud má být systém schopný reálného nasazení, musí být cenově dostupný, komponenty pro sestavení budou voleny s ohledem na pořizovací cenu.

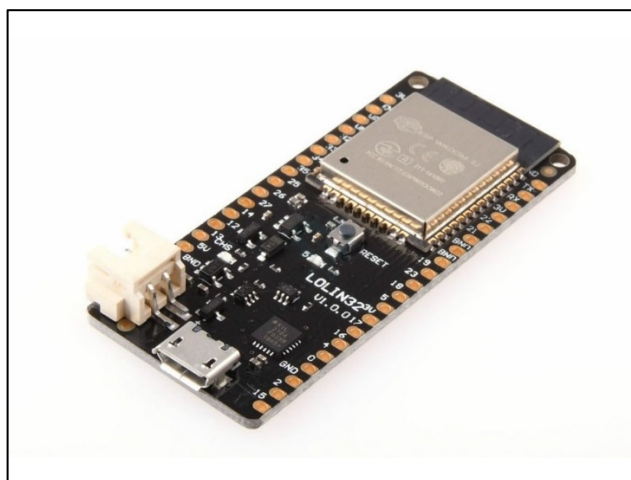
4. REALIZACE

Při realizaci bylo postupováno s ohledem na předem určené požadavky na vlastnosti a funkce navrhovaného systému.

4.1 Řídící deska

Pro realizaci byla vybrána jedna z variant vývojové desky s mikrokontrolerem ESP32 od firmy ESPRESSIF, konkrétně model LoLin 32 ESP-WROOM-32 [31]. Jak naznačuje jeho název, obsahuje 32bitový dvoujádrový procesor, ten je schopen pracovat při frekvenci až 240 MHz. K dispozici jsou celkem 4 MB paměti typu flash. Tento model byl zvolen především proto, že disponuje integrovaným Bluetooth a Bluetooth low energy modulem. Dále je zde integrován modul Wi-Fi. Deska má celkem 34 vstupů a výstupů, využito jich bylo 7. Z nich 4 jako výstupní, použité pro indikační prvky (červenou, zelenou a modrou LED, bzučák) a 3 jako vstupní, jeden pro měření úrovně nabití baterie a 2 pro ovládací prvky (přepínače). Při výběru vhodné desky byla také důležitá přítomnost konektoru JST-PH pro připojení baterie a dokonce i integrované nabíječky baterie, rychlost nabíjení je dle dodavatele omezena odporem na 500 mA. Nachází se zde také Micro USB konektor, kterým lze jak programovat mikrokontroler, tak napájet zařízení a nabíjet baterii. Zařízení samotné pracuje s hladinou napětí 3,3 V.

Při realizaci bylo zvažováno zpomalení procesoru za účelem snížení spotřeby elektrické energie a tím pádem i zvýšení výdrže zařízení. Dle nalezených informací ale není v porovnání se spotřebou Bluetooth modulu rozdíl mezi spotřebou procesoru pracujícího při frekvenci 240 MHz a při frekvenci 80 MHz (nejnižší možná hodnota při použití Bluetooth) nijak zásadní. Pro zvýšení výdrže byla raději zvolena implementace režimu spánku, který je podrobněji rozebrán v kapitole 4.5 Program.



Obrázek 13 Vývojová deska LoLin 32 ESP-WROOM-32

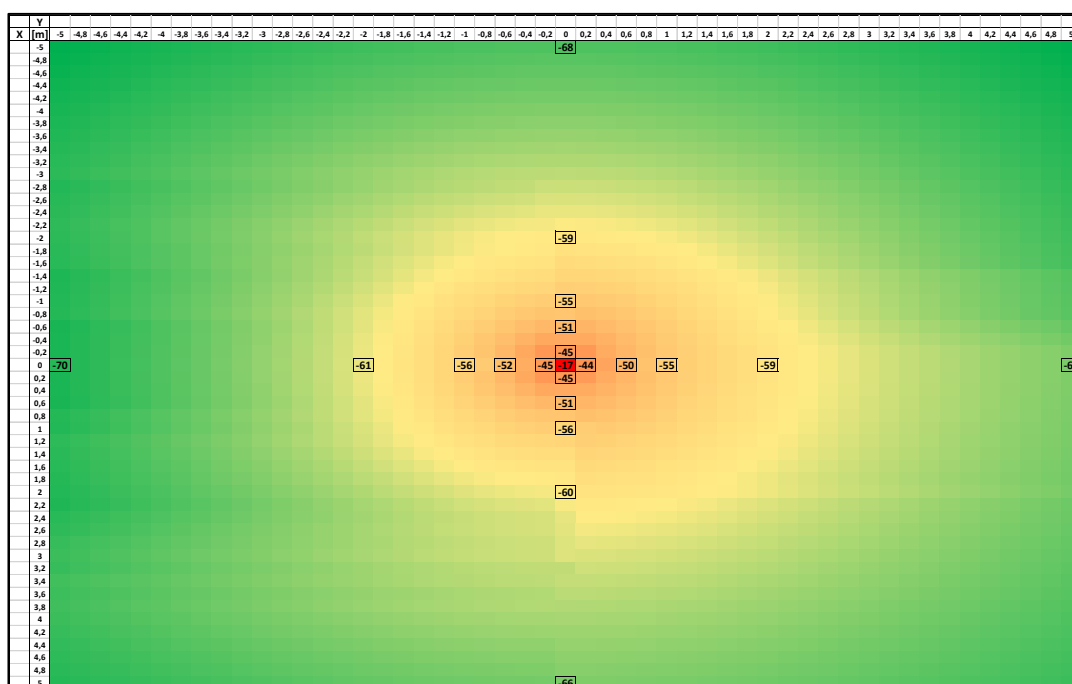
4.2 Měření vzdálenosti

Určování vzdálenosti jiného kusu zařízení je zapotřebí provádět pomocí čtení síly příchozího signálu. To je prováděno pomocí integrovaného Bluetooth modulu. Vychází se zde z předpokladu, že s rostoucí vzdáleností bude síla signálu klesat. Je třeba určit závislost, s jakou bude vzdálenost 2 kusů zařízení od sebe ovlivňovat sílu signálu. Také je třeba, aby byla použita anténa co nejvíce všesměrová, tím se zajistí srovnatelné výsledky při měření z různých stran.

Pro zjištění této vlastnosti posloužila teplotní mapa. Měření síly signálu probíhalo na otevřeném prostranství při teplotě 10 °C. Byla nastavena vzdálenost mezi 2 kusy ESP32 a poté po ustálení hodnoty zapsána získaná síla signálu. To bylo provedeno pro vzdálenosti 1 mm, 20 cm, 50 cm, 1 m, 2 m a 5 m ve 4 směrech. Pro potvrzení správnosti naměřených hodnot byl 1. kus zařízení 2. kusem obkroužen ve zkoušené vzdálenosti. Výsledky se stabilně pohybovaly kolem hodnoty určené prvním měřením.

Pro vykreslení teplotní mapy byl zvolen program Microsoft Excel. Neznámé hodnoty byly dopočítány pomocí závislosti získané z již naměřených hodnot. Pro nejsilnější hodnotu síly signálu byla vybrána červená barva, pro nejnižší barva zelená. Žlutá barva představuje střed a přechod barev byl zvolen na hodnotě -60 dBm, jedná se o hodnotu, která odpovídá hlídané vzdálenosti 2 m. Z teplotní mapy je patrné, že anténa, kterou ESP32 používá, je dostatečně všesměrová.

Bylo provedeno také vnitřní měření v místnosti o velikosti 4,6×5,75 m. Získané výsledky byly srovnatelné s výsledky získanými venku, ovšem s nižší přesností. Zařízení navíc přestává fungovat přesně po přiblížení ke zdi, zhruba pod vzdálenost 0,5 m od stěny, kdy dochází k odrazům signálu dostatečně velkým pro ovlivnění měření.



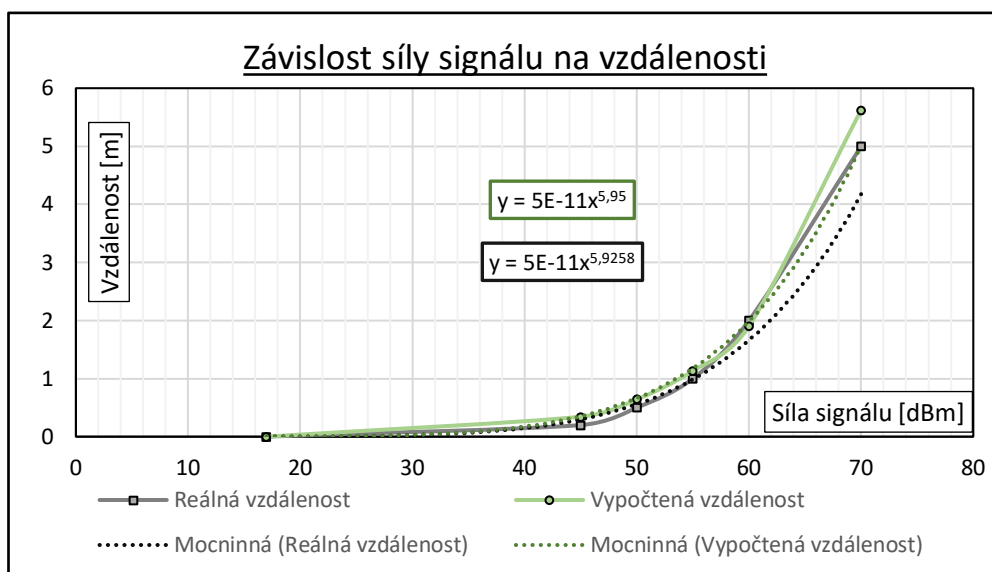
Obrázek 14 Teplotní mapa síly signálu Bluetooth mezi dvěma zařízeními ESP32 v závislosti na vzdálenosti na volném prostranství

Za účelem získání charakteristiky pro přepočet síly signálu na vzdálenost bylo předchozí měření několikrát zopakováno. Průměrováním několika naměřených hodnot byla určena síla signálu pro určité vzdálenost viz. tabulka níže.

Síla signálu [dBm]	Reálná vzdálenost [m]	Vypočtená vzdálenost [m]
-17	0,001	0,001047469
-45	0,2	0,343229384
-50	0,5	0,64245325
-55	1	1,132734184
-60	2	1,900946718
-70	5	5,624686975

Tabulka 1 Závislost reálné a vypočtené vzdálenosti na síle signálu

Naměřená data byla proložena mocninou spojnicí trendu, tím byla získána rovnice pro výpočet vzdálenosti z naměřené síly signálu. Data získaná s použitím této rovnice ovšem nebyla dostatečně uspokojivá. Experimentální metodou bylo postupnými změnami v mocninné části získaného výrazu dosaženo křivky, respektive rovnice, která lépe odpovídá potřebám měření v rámci tohoto projektu. V nejdůležitějším pásmu 1–3 m je toto řešení přesnější než programem navržený výraz.



Graf 7 Závislost síly signálu Bluetooth na vzdálenosti pro ESP32

Během opakovaných měření bylo zpozorováno občasné kolísání měřené hodnoty i když nedocházelo k žádnému pohybu zařízení. Na volném prostranství byl tento jev minimální, mezi -1 a +1 dBm k měřené hodnotě. Uvnitř nejspíše vlivem odrazů a členitosti prostředí občasně vzrostl až na -2 až +2 dB. Musí se proto počítat s určitou nepřesností zařízení, ta není vzhledem k závislosti vypočtené vzdálenosti na síle přijímaného signálu statická. Platí, že s rostoucí vzdáleností se nepřesnost zvyšuje. Rozdíl na vzdálenosti mezi naměřenou hodnotou signálu -60 a -61 je zhruba 19 cm. Přístroj tak měří s nepřesností v řádu nižších desítek centimetrů v pásmu, které je pro provoz systému nejdůležitější.

Pro zlepšení přesnosti měření bylo implementováno pár softwarových úprav, ty jsou více rozvedeny v kapitole věnující se programu.

Po provedení testů hotového zařízení také musela být upravena citlivost. Uzavřením do pouzdra došlo ke snížení síly přijímaného signálu.

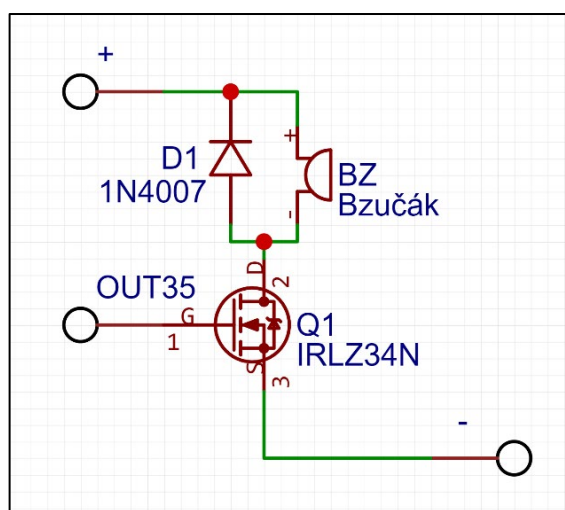
4.3 Signalizace

Zařízení používá pro lepší přehlednost 2 typy signalizace, optickou a akustickou. Jelikož se jedná o relativně jednoduché zařízení, není potřeba display pro zobrazování údajů. Obrazovka by navíc mohla nepříznivě ovlivnit pořizovací cenu.

Pro indikaci stavů a varování uživatele byly zvoleny světelné diody. Červená dioda, která se nachází na pinu 32, je použita pro varování uživatele. Modrá dioda, připojená na výstupu číslo 33, značí zapínání dvojitém dlouhým probliknutím a chod zařízení, respektive spuštěný cyklus vyhledávání a vysílání krátkými impulsy během vysílání zařízení. Pro monitorování stavu baterie byla zvolena dioda zelená, ta při nízké úrovni nabití svítí. Při dalším snížení úrovně nabití se dioda rozbliká. Připojena je na pinu 34.

Jedná se o LED s průměrem 3 mm. Jak bylo zmíněno v jedné z minulých kapitol, ESP32 pracuje se stejnosměrným napětím 3,3 V, úbytek napětí na použitých diodách se pohybuje zhruba v rozmezí 2–3 V. Taková hodnota by tedy mohla vést ke zničení použitých LED, popřípadě k poškození samotného mikrokontroleru. Proto je ke všem použitým světelným diodám do série připojen odpor o hodnotě 220 Ω . O napájení diod se starají přímo výstupní piny na řídicí desce.

Pro druhý způsob signalizace, akustický, byl vybrán bzučák. Reproductor se zdál být zbytečný, proto byla při realizaci zařízení zvolena varianta právě v podobě jednoduššího aktivního bzučáku. Bzučák je použit pro indikaci hned několika dějů. Jedná se o hlavní prvek varování uživatele, značí ale i zapínání přístroje spolu s modrou světelnou diodou a přechod zařízení do režimu spánku 3 rychlými impulzy. O ovládání se stará pin 25. Jelikož se jedná o induktivní zátěž, je k bzučáku antiparalelně zapojena dioda. Tímto způsobem zapojení se předejde možnému poškození okolních obvodů výkyvy napětí při vypínání bzučáku. Aby bylo možné zároveň předejít poškození mikrokontroleru vlivem příliš velkého odebíraného proudu, je zapotřebí nějakého spínacího prvku. Obvod je spínán unipolárním tranzistorem IRLZ34N, ten je ovládán jedním z výstupů na řídicí desce. Tranzistor byl zvolen s ohledem na napětí 3,3 V, se kterým ESP32 pracuje.



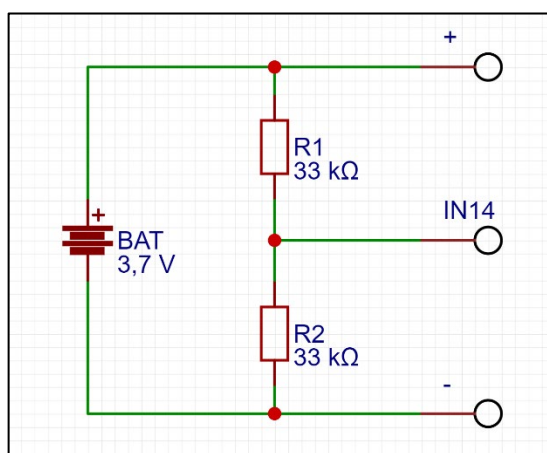
Obrázek 15 Schéma zapojení bzučáku

4.4 Baterie

Přístroj potřebuje dostatečně velkou baterii pro nezávislý provoz. Cílem je udržet zařízení provozu schopné zhruba po otevírací dobu podniku. Jako cíl byla vytyčena doba výdrže alespoň 12 hodin.

Spotřeba mikroprocesoru se při zapnutém Bluetooth může podle dostupných zdrojů [32] a [33] pohybovat v rozmezí 140–260 mA. Vzhledem k použití Bluetooth varianty

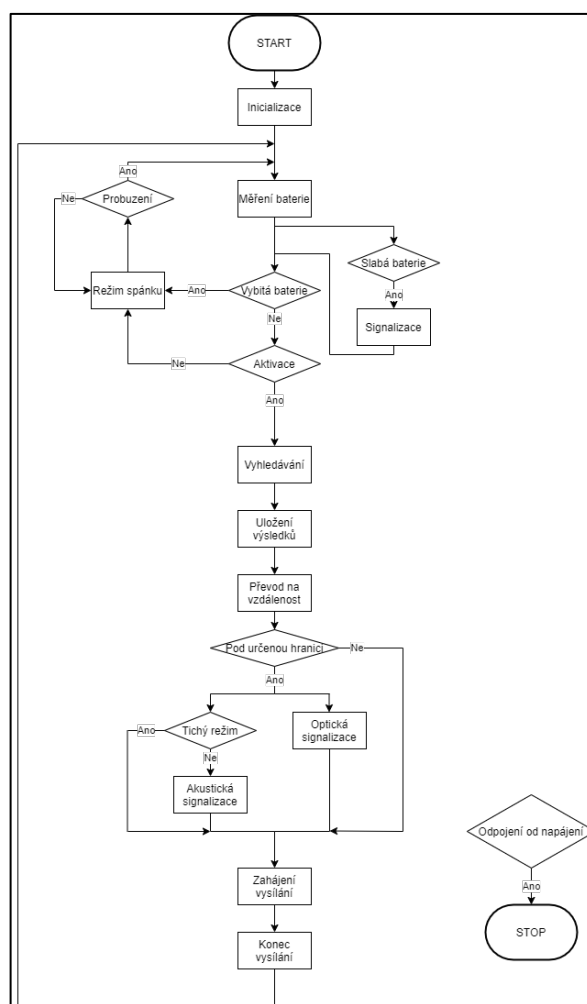
low energy bude reálná spotřeba nižší, zařízení navíc nenavazuje spojení, ale pouze měří sílu signálu. Energeticky náročné vysílání trvá násobně kratší dobu než vyhledávání. Měření provedená uživateli na fóru výrobce [34] [35] udávají spotřebu 70–130 mA. Blikání diody a občasné rozezvučení bzučáku spotřebu zvýší. Proto bylo při určování výdrže systému počítáno s hodnotou proudu 120 mA. Aby mohlo být dosaženo výdrže 12 hodin, musí mít baterie kapacitu minimálně 1440 mAh s tím, že průměrný proud, které zařízení odebírá nesmí přesáhnout 120 mA. Přístroj také disponuje možností zapnout režim spánku, pokud není potřeba udržovat aktivní režim. Zvolena byla lithiová baterie s kapacitou 2000 mAh. Je o čtvrtinu větší, než baterie mnou vypočtená a stále má kompaktní rozměry, které příliš nezvětší velikost celého zařízení. Baterie obsahuje ochranu proti vybití a sama se odpojí při poklesu napětí pod 3 V. Ve vybitém stavu baterie by, vzhledem k velikosti kapacity článku, nabíjecímu proudu 500 mA a napětí 5 V, mělo nabití do plna trvat zhruba 4 hodiny. Celé zařízení je také možné od baterie fyzicky odpojit jedním z přepínačů, vypnout ho a omezit vybíjení baterie na samovolné minimum.



Obrázek 16 Schéma zapojení baterie

4.5 Program

Program zařízení byl napsán pomocí volně dostupného programu Arduino IDE v programovacím jazyku Wiring, v podstatě se jedná o modifikaci programovacího jazyka C určenou primárně pro vývojové desky z rodiny Arduino/Genuino. Tato kombinace byla zvolena, protože jsem s ní pracoval na předešlých projektech a lze považovat za plně dostatečnou pro systémy podobného rozsahu.



Obrázek 17 Vývojový diagram programu

Kód začíná načtením knihoven nutných pro provoz zařízení, například knihovny obsahující funkce BLE. Následuje vytvoření proměnných, konstant a definování pinů vstupů a výstupů. Pod nimi jsou vypsány metody, program disponuje dvěma metodami. První z nich nastavuje parametry pro vysílání BLE, nejdůležitější je zde nastavení ID výrobce, podle kterého jsou poté filtrována nalezená zařízení. Druhá metoda resetuje aktuální a předchozí hodnoty síly signálu, aby zařízení při probuzení z režimu spánku nezačalo ihned reagovat na již neplatící stav. Bzučák třikrát po sobě rychle zapulzuje a systém je uveden do režimu spánku. Probuzení nastane v momentě, kdy je přepínač ovládající aktivní stav nastaven do kladné polohy.

V sekci setup, která proběhne pouze jednou, se nachází konfigurace všech vstupů a výstupů a nastavení počátečních hodnot síly signálu (ze stejného důvodu jako v metodě uvádějící systém do režimu spánku). Dojde k zapnutí Bluetooth a poté zařízení dlouhým probliknutím LED a rozeznáním bzučáku ohlásí start.

Velká část programu opakovaně probíhá ve smyčce. Nejdříve je změřena úroveň nabití baterie. Pokud je napětí baterie nižší než 3,3 V, rozsvítí se zelená dioda, pokud

klesne pod 3,2 V, dioda se rozbliká. Při poklesu pod 3,1 V přejde zařízení do režimu spánku. Stejně tak je zapnut režim spánku ve stavu, kdy je přepínač aktivního stavu ve stavu logické 0.

Dále je spuštěno vyhledávání ostatních BLE zařízení. Doba vyhledávání je náhodně generována hodnota mezi 800 a 1200 ms. To kvůli zamezení synchronizace cyklů mezi zařízeními, pokud by byla zařízení spuštěna ve stejnou dobu a projití cyklu by trvalo stejně dlouho, zařízení by se navzájem neviděla. Po změření síly signálu oproti jiným zařízením, je vybrána nejvyšší hodnota, která představuje nejbližší zařízení. S ostatními nalezenými zařízeními není třeba počítat, neboť nás zajímá právě to nejbližší. Také jsou nalezená Bluetooth zařízení filtrována podle ID výrobce, tím je vyloučena reakce například na chytré hodinky či telefony, které mohou BLE používat také. Bylo testováno i porovnávání se seznamem unikátních ID, které má každý kus zařízení vlastní. Tím by se ale velmi ztížila možnost rozšiřitelnosti systému, každému přístroji by s pořízením nových kusů musela být aktualizována databáze identifikačních čísel, která má brát v potaz. Takto bude systém fungovat okamžitě a bez nutnosti dalších zásahů do softwaru již používaných kusů. Šance, že bude běžně používané zařízení, které by mohlo systém svou přítomností rušit, obsahovat stejné identifikační číslo výrobce, jako navrhovaný systém, je velmi malá.

Naměřený výsledek je uložen a průměrován s dalšími 4 výsledky, zapsanými po předchozích měřeních. Systém tedy pracuje s 5 posledními údaji, tím je zvýšena přesnost měření, snížen vliv náhodných odrazů signálu a také vzniká prodleva mezi přiblížením uživatele a spuštěním varování. Prodleva byla primárním cílem tohoto řešení, přístroj by na přiblížení neměl reagovat okamžitě, jelikož by systém mohl spustit varování na základě jednoho chybného či nepřesného měření. Pokud uvažujeme o reálném použití třeba v obchodě, úzké uličky nemusí umožnit uživatelům dostatečný odstup, vzniká tak navíc krátká doba, po kterou mohou uživatelé projít kolem sebe, aniž by se spustilo varování. Doba prodlevy se pohybuje kolem 5 vteřin, to je dáno počtem naměřených hodnot v paměti a délkou cyklu, který trvá přibližně 1 sekundu. Systém je vybaven funkcí, která za poslední měření dosadí minulou hodnotu, pokud zařízení žádné jiné nenajde, ale při předchozím cyklu nalezeno bylo. To lze provést dvakrát po sobě, pro případ, že dojde k zastínění přístroje, nebo dočasné synchronizaci cyklů. Lze totiž předpokládat, že přístroj fyzicky z ničeho nic na místě nezmizí a došlo tak pouze k chybě vlivem okolního prostředí nebo softwaru. Všechny naměřené hodnoty jsou sečteny a je vypočítán průměr. Z tohoto průměru je určena vzdálenost pomocí rovnice určené v kapitole „Měření vzdálenosti“. Při naměření vzdálenosti menší, než je určená hodnota, je spuštěno varování uživatele rozsvícením červené diody. V případě, že není zapnut tichý režim, je spuštěn i bzučák.

Následuje vysílání, čas je opět náhodně generován, to ze stejných důvodů jako u vyhledávání. Může se pohybovat v rozmezí 50–100 ms. Během vysílání je rozsvícena modrá dioda kvůli indikaci běhu zařízení. Poté začíná celý cyklus od začátku.

Pro část programu, vyhledávání a vysílání Bluetooth, byl použit kód z příkladů v Arduino IDE od výrobce desky a následně byly provedeny úpravy pro účely tohoto projektu. Příkaz pro získání ID výrobce zařízení byl použit a upraven příkaz z fóra [36] na githubu, který se touto problematikou zabýval.

Vývojový diagram programu byl vytvořen pomocí internetové aplikace na adrese diagrams.net [37]. Kompletní zdrojový kód je k dispozici v příloze, stejně tak soubor ve formátu .bin.

4.6 Pouzdro zařízení

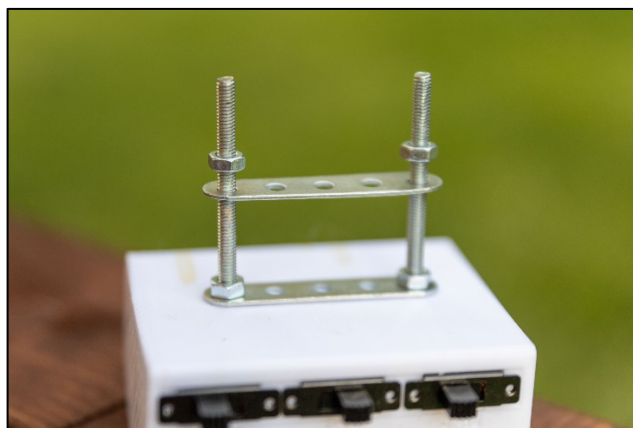
K návrhu pouzdra bylo použito strojírenského CAD programu SOLIDWORKS od firmy Dassault Systèmes. Tento software běžně používám k návrhu objektů pro 3D tisk. Lze ho považovat za intuitivní a velmi obsáhlý.

S ohledem na rozměry dílů, jež má pouzdro pojmout, byly vybrány rozměry 75×60×35 mm. Sestava se skládá ze 2 dílů, samotného pouzdra a víčka. Stěny mají tloušťku 3 mm, je tak zajištěna dostatečná strukturní pevnost pro případ hrubého zacházení s přístrojem. Pouzdro je uvnitř rozděleno na 4 komory, v jedné se nachází baterie a v druhé řídicí deska. Příčky rozdělující komory obsahují otvory pro prostup vodičů. Ve zbylých dvou komorách byl ponechán prostor na ostatní komponenty zařízení: tlačítka, diody, bzučák, tranzistor a rezistory. Tyto dvě komory mají vyústění na jedné straně zařízení, zde má uživatel přístup k ovládacím a indikačním prvkům. Ty jsou pro lepší přehlednost popsány.



Obrázek 18 Strana zařízení s ovládacími a indikačními prvky

Protějšší strana obsahuje podpis a nápis „Social Distancing“. Na horní straně pouzdra se nachází zuby, ty měly původně sloužit k montáži na nákupní košík, za pomoci dalšího dílu ve tvaru písmene C. Od tohoto řešení bylo upuštěno ve prospěch upevnění pomocí kovové příčky a zapuštěných šroubů, pro které byly na dně vyvrtány otvory. Zuby však byly ponechány jako možnost alternativní montáže pomocí stahovacích pásek.



Obrázek 19 Šrouby pro uchycení na nákupní košík

Víko zařízení je instalováno zasunutím do kolejnic na horní straně pouzdra a utažením šroubu na jeho přední straně. Horní stěna má tloušťku 2 mm a opírá se o příčku uprostřed a o kolejnice ze 3 stran. Čelní strana má tloušťku 3 mm a kromě otvoru pro šroub se zde nalézá okénko pro připojení zařízení k nabíječce.

Zpracování objektů bylo obstaráno softwarem Cura Ultimaker. Tisk probíhal na FDM 3D tiskárně Ender 5 od firmy Creality s menšími úpravami chlazení, hot-endu a řídicí desky, s průměrem trysky 0,3 mm na tiskové podložce z pozinkovaného plechu. Jako vhodný materiál byl zvolen plast PETG, především pro svou mechanickou odolnost. Výška vrstvy byla nastavena na 0,2 mm, tloušťka stěny 7 perimetrů, hustota výplně 15 %, a chlazení také 15 %. Byly vygenerovány podpěry ve tvaru stromu. Rychlost tisku byla zvolena 25 mm/s pro vnější stěny a 35 mm/s pro vnitřní stěny objektu. Teplota trysky byla nastavena na 235 °C a teplota podložky na 70 °C, respektive 240 °C a 75 °C pro první vrstvu. Tisk pouzdra trval 10 hodin a 30 minut, jeho váha se vyšplhala na 61 g. Vytisknout víčko zabralo 2,5 hodiny a váží 16 g. Na jeden kus bylo tedy spotřebováno celkem 77 g plastového filamentu.

Příloha obsahuje 3D objekty obou dílů ve formátu .STL, gcode soubory pro 3D tisk a také technické výkresy ve formátu .PDF.

4.7 Pořizovací cena

Ceny byly převzaty z e-shopů na stránkách laskarduino.cz, gme.cz a alza.cz. Hodnota šroubů, matic a vodičů byla odhadnuta, neboť se jedná o znovupoužité součástky z minulých projektů a jejich cena je oproti ceně zbytku zařízení zanedbatelná. Cena výrobků, prodávaných po více kusech, byla přepočítána na cenu za jeden kus. Stejně tak cena filamentu je udávána jenom na spotřebované množství.

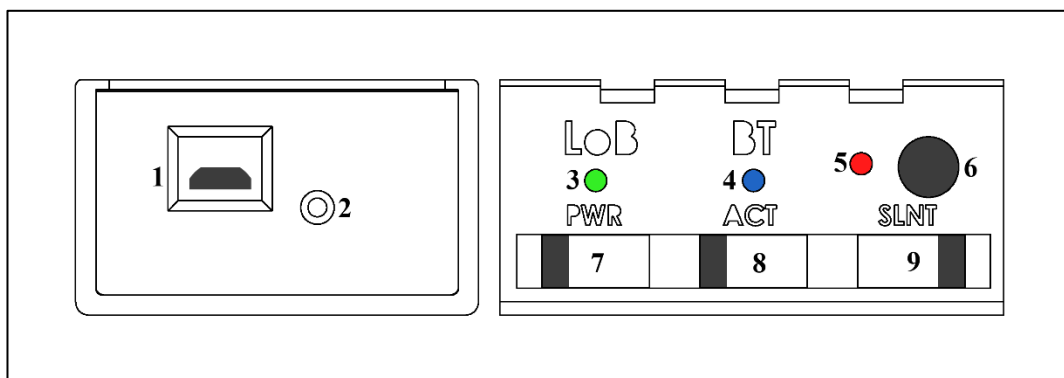
Součástka	Cena [Kč]	Počet	Váha [g]
LoLin 32 ESP-WROOM-32 [31]	258	1	-
Li-Pol Baterie 2000 mAh [38]	198	1	-
Aktivní bzučák 3.3 V [39]	6	1	-
Svítivá dioda [40]	1	3	-
Tranzistor IRLZ34N [41]	20	1	-
Rezistor 220R [42]	1,53	3	-
Dioda 1N4007 [43 s. 40]	0,84	1	-
Přepínač B140B [44]	6,15	3	-
Vodiče	5	1	-
Filament C-TECH PETG Bílá [45]	34,57	1	77
Šroub M4 se zápusťnou hlavou	0,3	2	-
Matice M4	0,3	4	-
Cena celkem	550,25	1	-

Tabulka 2 Seznam součástek a výpočet ceny

Cena jednoho zařízení činí celkem 550,25 Kč. Pokud bychom brali v úvahu i cenu energie spotřebovanou při 3D tisku a čas potřebný na kompletaci zařízení, cena se může pohybovat okolo 600 Kč. Celkem byly pro účely testování sestrojeny 3 kusy. Zařízení je, vzhledem k účelu, který plní, relativně drahé. Jedná se ovšem pouze o prototyp, proto není vyšší cena nic neobvyklého.

Sériovou výrobou by bylo možné výrazně snížit náklady, neboť cena součástek se s počtem objednaných kusů snižuje. Řídící desku a baterii by bylo možné objednat ze zahraničí zhruba za polovinu pořizovací ceny zde v Česku. Plastové pouzdro zařízení by bylo možné při velkém množství objednaných kusů vyrobit levnější technologií vstřikováním. Také by bylo možné pro mikrokontroler navrhnout vlastní desku, která by obsahovala pouze potřebné komponenty. Náklady na výrobu by kombinací těchto možností bylo možné snížit zhruba o polovinu z mnou dosažené ceny. Zhruba 300 Kč za kus už lze považovat za cenu přijatelnější pro reálné nasazení.

4.8 Návod k použití



Obrázek 20 Popis prvků zařízení

V levé části schématu je vyobrazen pohled na levou stranu zařízení, pravá část vyobrazuje přední stranu přístroje s ovládacími a indikačními prvky. Jednotlivé prvky jsou popsány zkratkami. Přepínače jsou aktivní v poloze vlevo z pozice pozorovatele.

4.8.1 Popis prvků zařízení

Číslo	Popis prvku
1	Micro USB konektor pro nabíjení zařízení
2	Otvor pro zajištění víka šroubem
3	Zelená dioda indikující stav baterie
4	Modrá dioda indikující běh zařízení
5	Červená varovná dioda
6	Bzučák
7	Přepínač napájení
8	Přepínač aktivního stavu a režimu spánku
9	Přepínač tichého režimu

Tabulka 3 Popis prvků zařízení

Nápis	Význam	Vysvětlení
LoB	Low Battery	Nízká úroveň nabití baterie
BT	Bluetooth	Spuštěn Bluetooth cyklus vyhledávání a vysílání
PWR	Power	Napájení
ACT	Active	Aktivní stav
SLNT	Silent	Tichý režim

Tabulka 4 Vysvětlení nápisů

4.8.2 Ovládání

Zařízení se zapíná přepnutím spínače popsaným „PWR“ do aktivní polohy. Spuštění je indikováno dvojitým zablikáním modré diody a rozeznáním bzučáku. Běh zařízení je značen sepnutím modré diody během každého vysílání.

Rozsvícení červené diody a rozeznání bzučáku značí přiblížení uživatele pod bezpečnou vzdálenost 2 m k jinému uživateli s jiným kusem zařízení. Upozornění bzučákem lze vypnout přepínačem, který je značen „SLNT“.

Přepínačem, nad kterým se nachází zkratka „ACT“ lze vypnout aktivní stav, zapnout režim spánku a šetřit tak baterii. Dojde však k vypnutí všech ostatních funkcí zařízení. Režim spánku je přepnut zpět do aktivního stavu sepnutím aktivního stavu na tomto samém přepínači.

Rozsvícená zelená dioda značí nízkou úroveň nabití baterie. Pokud zelená dioda bliká, je přístroj téměř vybitý a musí být připojen k nabíječce. Ta se připojuje k Micro USB konektoru skrz čelo víka na levé straně zařízení.

Zařízení lze rozebrat a zkontrolovat vyjmutím šroubu na čelní straně víka a vysunutím samotného víka z kolejnic.

Přístroj se upevňuje na nákupní košík pomocí šroubů na spodní straně zařízení. Kostra košíku je upevněna mezi 2 kovové pásy, ty jsou na obou stranách dotaženy matkou. Krabici lze i alternativně připevnit stahovacími páskami za zuby na horní straně zařízení.

4.9 Test systému

Přístroje byly testovány nejprve na volném prostranství viz. video „test“ v přílohách. Otestováno bylo několik scénářů, například přiblížení a oddálení, zakrytí výhledu objektem i člověkem nebo náhodný pohyb okolo přístroje. Na videu je zachycené například vzájemné přiblížení přístrojů, nebo zakrytí přímého výhledu člověkem. Video také obsahuje ukázkou ovládání zařízení.

Během testování bylo zjištěno, že zařízení skutečně spíná poplach kolem hranice 2 m s určitou nepřesností. Při přiblížení pod tuto hranici jsou výsledky mnohem stabilnější. K čím většímu přiblížení dojde, tím rychleji se rozezní varování. Doba, za kterou je spuštěno varování se pohybovala mezi 5–10 sekundami. Při velmi malé vzdálenosti byla tato doba dokonce zhruba 3 s. Stejně dlouho trvá ovšem i rozepnutí poplachu po vzdálení se. To už lze považovat za nevýhodu tohoto systému. Důvodem je průměrování získaných hodnot.

Přístroje také ztrácí příchozí signál při zakrytí výhledu. Jak při zakrytí větším objektem (testováno zahradním nábytkem), tak člověkem, došlo ke ztrátě signálu jiného kusu zařízení, ačkoliv byla vzdálenost menší než 2 m. To je dáno frekvencí, Bluetooth funguje na frekvenci 2,4 GHz, jde o krátké vlnové délky a šíří se tak především odrazy. Jako alespoň částečná kompenzace se jeví implementované softwarové řešení přebírající poslední naměřenou hodnotu. Je možné mezi 2 přístroji projít, aniž by došlo k přerušení varování.

Útlum a nestabilita síly signálu jsou způsobeny i kovovými předměty v cestě signálu. Zkouška byla provedena s hustým kovovým pletivem. Pokud má být zařízení montováno na nákupní košík, musí se počítat se sníženou citlivostí ve směru, kde se nachází kovová kostra košíku.

Pro lepší názornost byla sestavena tabulka pro porovnání síly signálu s přímým výhledem, přes kovové pletivo a s překrytím výhledu člověkem. Také je zde vidět útlum síly signálu způsobený uzavřením zařízení do plastového pouzdra

Vzdálenost [m]	0,5	1	2
Síla signálu s přímým výhledem [dBm]	-56	-63	-68
Síla signálu přes pletivo [dBm]	-68	-75	-72
Síla signálu s překrytím člověkem [dBm]	-75	-77	-82

Tabulka 5 Testování síly signálu

Další krátké měření bylo provedeno uvnitř místnosti s rozměry 4,6×5,75 m, nebyla mu věnována taková pozornost, jako měření venku, jelikož v reálném provozu by se přístroje na tak malém prostoru nevyskytovaly. Uvnitř dochází ke zkreslení vlivem odrazů od okolních stěn, je tak snížena přesnost přístroje. Párkrát systém spustil poplach i na větší vzdálenost, než měl. Jednou došlo k sepnutí varování až po přiblížení zhruba na 1 m. Při přiblížení kteréhokoliv z přístrojů ke stěně dojde ke zkreslení vnímané

vzdálenosti, vznikají odrazy signálu a vypočtená vzdálenost zařízení je tak menší, než je tomu ve skutečnosti. Ve většině případů ale systém zafungoval správně. Pro použití v takto stísněných prostorech by bylo nutné upravit citlivost a implementovat funkce kompenzující náhodné odrazy signálu.

Při testování bylo odhaleno, že během montáže či průběžného testování bylo jedno zařízení nejspíše poškozeno, fungovalo totiž jen částečně, proto byl pro účely testování pro jistotu použit jiný kus ESP32 se stejným programem, připojený na powerbanku, jak je vidět na přiložené videonahrávce.

5. ZÁVĚR

První polovina bakalářské práce byla věnována přehledové rešerši, byla probrána historie koronaviru v chronologické posloupnosti, byl vytvořen přehled různých zařízení, systémů a řešení, které využívají poznatky z oboru kybernetiky a nějakým způsobem se využívají v boji s koronavirem. Vytvořením ankety, zabývající se vztahem veřejnosti k zavedeným opatřením a statistikou využívaných kybernetickým zařízení, byl určen směr, kterým by se měla ubírat praktická část práce. Rozhodnuto bylo o návrhu a konstrukci zařízení, které bude hlídat rozestupy uživatelů pomocí vysílání a přijímání signálu.

Sestrojený systém používá technologii Bluetooth, konkrétně nízkoenergetickou variantu BLE. Splňuje cíle vytyčené v jeho teoretickém návrhu, dokáže monitorovat vzdálenost nejbližšího dalšího kusu zařízení a při strávení určité doby, v blízkosti větší, než jsou vládními nařízeními určené 2 m, spustí varování. Také disponuje tichým režimem, tedy možností vypnout hlasité varování, zařízení lze uvést do režimu spánku a šetřit tak baterii, ta by měla mít dostatečnou výdrž pro nepřetržitý provoz alespoň po otevírací dobu podniku. Přístroje se dobíjí standardním, běžně dostupným konektorem Micro USB, vydrží i pád a hrubší zacházení a lze je montovat dvěma způsoby.

Nevýhody tohoto řešení vyplývají z použité technologie, ve stísněných a členitých prostorách se snižuje přesnost určování vzdálenosti vlivem odrazů signálu. Přístroje také ovlivňují objemnější objekty mezi nimi.

Může se jednat o alternativu kamerových systémů s hlídáním rozestupů pomocí počítačového vidění. Tyto systémy ovšem považuji za přesnější a výkonnější řešení, hodí se do míst, kde je potřeba monitorovat větší počet lidí. Můj systém může být při menším počtu přístrojů levnější variantou. Potenciální prostor pro nasazení proto vidím v obchodech a podnicích, pro které je vzhledem k rozměrům hlídané rozlohy kamerový systém drahé, předimenzované řešení, ale zároveň už se jedná o prostor moc velký na hlídání rozestupů zákazníků běžnými zaměstnanci, například drogerie nebo obchody s elektronikou.

POUŽITÉ ZDROJE

- [1] Systém pohotovostních stupňů nabídne občanům předvídatelný plán protiepidemických opatření v souvislosti s covid-19 – Aktuální informace o COVID-19 [online]. [vid. 2020-12-27]. Dostupné z: <https://koronavirus.mzcr.cz/system-pohotovostnich-stupnu-nabidne-obcanum-predvidatelny-plan-protiepidemickych-opatreni-v-souvislosti-s-covid-19/>
- [2] Protiepidemický systém ČR | Onemocnění Aktuálně MZČR. onemocneni-aktualne.mzcr.cz [online]. [vid. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://onemocneni-aktualne.mzcr.cz/pes>
- [3] COVID-19 | Onemocnění Aktuálně MZČR. onemocneni-aktualne.mzcr.cz [online]. [vid. 2020-12-26]. Dostupné z: <https://onemocneni-aktualne.mzcr.cz/covid-19>
- [4] Truelife Care Q7 bezkontaktní teploměr | Dr. Max lékárna. Dr.Max E-shop [online]. [vid. 2020-12-29]. Dostupné z: <https://www.drmax.cz/truelife-care-q7-bezkontaktni-teplomer>
- [5] KZSYSTEM. Hromadné měření teploty termokamerou. KZ system [online]. 10. březen 2020 [vid. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://www.kzsystem.cz/novinky/termokamerou-proti-koronaviru/>
- [6] YANG, Dongfang, Ekim YURTSEVER, Vishnu RENGANATHAN, Keith REDMILL a Umit OZGUNER. A Vision-based Social Distancing and Critical Density Detection System for COVID-19. 2020.
- [7] Polomaska BUT–H2 proti COVID-19 – VUT [online]. [vid. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/mask>
- [8] Nabídka ochranných štítů pro profesionály. Prusa Research a.s.. – 3D tisk a 3D tiskárny od Josefa Průši [online]. [vid. 2020-11-11]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.cz/covid19/>
- [9] Creality's 3D-printed buckle makes wearing face masks more comfortable. Dezeen [online]. 29. březen 2020 [vid. 2020-12-29]. Dostupné z: <https://www.dezeen.com/2020/03/29/creality-3d-printed-buckle-face-mask-coronavirus/>
- [10] How ventilators work and why COVID-19 patients need them to survive coronavirus [online]. [vid. 2021-01-02]. Dostupné z: <https://eu.usatoday.com/in-depth/news/2020/04/10/coronavirus-ventilator-how-works-why-covid-19-patients-need/2942996001/>
- [11] TROJÁNEK, Milan, Vyacheslav GREBENYUK, Kristýna HERRMANNOVÁ, Tomáš NEČAS, Jana GREGOROVÁ, Martin KUCBEL, Robin ŠÍN, Hana ROHÁČOVÁ a František STEJSKAL. Nový koronavirus (SARS-CoV-2) a onemocnění COVID-19. nedatováno, 12.

- [12] Koronaviry. WikiSkripta [online]. 10 2020. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/w/Koronaviry>
- [13] Koronaviry - přehled, SZÚ [online]. [vid. 2021-01-01]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/prevence/koronaviry-prehled-1>
- [14] Middle East respiratory syndrome [online]. 2020 [vid. 2020-12-28]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Middle_East_respiratory_syndrome&oldid=996738858
- [15] Wu-chan [online]. 2020 [vid. 2021-01-01]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Wu-chan&oldid=19213753>
- [16] ZHANG, Chengxin, Wei ZHENG, Xiaoqiang HUANG, Eric W. BELL, Xiaogen ZHOU a Yang ZHANG. Protein Structure and Sequence Reanalysis of 2019-nCoV Genome Refutes Snakes as Its Intermediate Host and the Unique Similarity between Its Spike Protein Insertions and HIV-1. Journal of Proteome Research [online]. 2020, 19(4), 1351–1360 [vid. 2021-01-01]. ISSN 1535-3893. Dostupné z: [doi:10.1021/acs.jproteome.0c00129](https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.0c00129)
- [17] Coronavirus disease (COVID-19) [online]. [vid. 2020-11-26]. Dostupné z: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19>
- [18] Pandemie covidu-19 v Česku [online]. 2020 [vid. 2020-12-26]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Pandemie_covidu-19_v_%C4%8Cesku&oldid=19292631
- [19] COVID Live Update: 164,262,555 Cases and 3,403,998 Deaths from the Coronavirus - Worldometer [online]. [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
- [20] Wayback Machine [online]. 26. září 2007 [vid. 2021-01-01]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20070926220409/http://web.vscht.cz/kadleck/aktualmt_ji/laboratore/Bezdotykove_teploмеры.pdf
- [21] Teploměry osobní – Heureka.cz [online]. [vid. 2020-12-29]. Dostupné z: <https://teplomery-osobni.heureka.cz/>
- [22] Truelife Care Q5 bezkontaktní infračervený teploměr | Dr. Max lékárna. Dr. Max E-shop [online]. [vid. 2020-12-29]. Dostupné z: <https://www.drmax.cz/truelife-care-q5-bezkont-infra-teplomer-celo-ucho>
- [23] Thermal Cameras to Fight Coronavirus in the Workplace? [online]. [vid. 2020-12-26]. Dostupné z: <https://www.securitymagazine.com/articles/93037-thermal-cameras-to-fight-coronavirus-in-the-workplace?v=preview>
- [24] VUT, CVIS. Polomaska BUT–H1 proti COVID-19 [online]. [vid. 2020-12-07]. Dostupné z: http://www.vutbr.cz/vut/f19528/d197642?aid_redir=1

- [25] PRUSA PRO Face Shield. PrusaPrinters [online]. [vid. 2020-12-31]. Dostupné z: <https://www.prusaprinters.org/prints/32714-prusa-pro-face-shield>
- [26] What is ventilation. European Lung Foundation - ELF [online]. [vid. 2020-12-25]. Dostupné z: <https://www.europeanlung.org/en/covid-19/covid-19-information-and-resources/covid-19-symptoms>
- [27] 1konf-3-pavel-hude.pdf [online]. [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.akutne.cz/res/publikace/1konf-3-pavel-hude.pdf>
- [28] eRouška – chráním sebe, chráním tebe [online]. [vid. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://erouska.cz/>
- [29] SLÍŽEK, David. Svou polohu sdílí s Mapy.cz přes 750 tisíc lidí, aplikace začala sbírat i údaje od nakažených. Lupa.cz [online]. [vid. 2020-12-29]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/aktuality/svou-polohu-sdili-s-mapy-cz-750-tisic-lidi-aplikace-zacala-sbirat-i-udaje-od-nakazenych/>
- [30] Bezdotykové dávkovače mýdla – Heureka.cz [online]. [vid. 2020-12-29]. Dostupné z: <https://davkovace-mydla.heureka.cz/f:22591:1/>
- [31] LASKARDUINO.CZ. LoLin 32 ESP-WROOM-32 2.4GHz Dual-Mode WiFi+Bluetooth, CP2102. laskarduino.cz [online]. [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/lolin-32-esp-32s-2-4ghz-dual-mode-wifi-bluetooth--cp2102--nabijeni-baterie/>
- [32] Insight Into ESP32 Sleep Modes & Their Power Consumption [online]. [vid. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://lastminuteengineers.com/esp32-sleep-modes-power-consumption/>
- [33] ESP32 Power consumption considerations - ESP32 Forum [online]. [vid. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://esp32.com/viewtopic.php?t=2662>
- [34] Actual power consumption of ESP32 using only Bluetooth Low Energy - ESP32 Forum [online]. [vid. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://esp32.com/viewtopic.php?t=13963>
- [35] BLE power consumption and modem sleep - ESP32 Forum [online]. [vid. 2021-05-13]. Dostupné z: <https://www.esp32.com/viewtopic.php?t=13543>
- [36] getManufacturerData() returning garbage (or more likely a garbage programmer) · Issue #565 · nkolban/esp32-snippets. GitHub [online]. [vid. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://github.com/nkolban/esp32-snippets/issues/565>
- [37] Untitled Diagram.drawio - diagrams.net [online]. [vid. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://app.diagrams.net/>
- [38] EHAO LiPol Baterie 104050 2000mAh 3.7V | laskarduino.cz [online]. [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/baterie-li-po-3-7v-2000mah-lipo/>

- [39] LASKARDUINO.CZ. Aktivní bzučák 3.3V. laskarduino.cz [online]. [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/aktivni-bzucak-3-3v/>
- [40] LASKARDUINO.CZ. LaskaKit Čirá LED sada 300ks 3 a 5mm. laskarduino.cz [online]. [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/laskkit-cira-led-sada-300ks-3-a-5mm/>
- [41] S.R.O, web revolution. Unipolární tranzistor, N kanál, THT, 55V, 30A, 68W, TO220AB IRLZ34N | GM electronic, spol. s.r.o. [online]. [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/unipolarni-tranzistor-irlz34n-to220ab>
- [42] S.R.O, web revolution. Metal oxidový rezistor THT RM 220R 0,6W 1% 0207 | GM electronic, spol. s.r.o. [online]. [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/rm-220r-0207-0-6w-1>
- [43] S.R.O, web revolution. Dioda, THT, 1000V, 1A, DO41 1N4007 | GM electronic, spol. s.r.o. [online]. [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/dioda-1n4007>
- [44] S.R.O, web revolution. Posuvný spínač do panelu, 2pól, ON-ON, 0,5A/50V B140B | GM electronic, spol. s.r.o. [online]. [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/posuvny-spinac-b140b>
- [45] A.S, Alza. C-TECH Filament PETG bílý - Filament | Alza.cz. Alza [online]. [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/c-tech-filament-petg-bily-d5792203.htm?o=7>
- [46] MATERIALPRO3D.CZ. Rozdíl mezi ABS, PLA a PETG. materialpro3d.cz [online]. 20. červenec 2017 [vid. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.materialpro3d.cz/blog/rozdily-abs-pla-petg/>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

RNA	Ribonukleová kyselina
MERS	Koronavirový respirační syndrom z blízkého východu
SARS	Vážný akutní syndrom dýchací soustavy
WHO	Světová zdravotnická organizace
CCTV	Kamerový systém
FFP1/2/3	Stupeň účinnosti filtrace ochranné pomůcky
BLE	Bluetooth low energy
LED	Světelná dioda
ID	Identifikační číslo
CAD	Počítačem podporované projektování
FDM	Fused Deposition Modeling
PETG	polyethylentereftalát-1,4-cyklohexylendimethylentereftalát [46]

Symoly:

U	napětí	(V)
I	proud	(A)
R	odpor	(Ω)
f	frekvence	(Hz)
t	teplota	(°C)
$RSSI$	indikátor síly signálu	(dBm)

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A – DATA ANKETY

PŘÍLOHA B – ESP32 BT TEPLTNÍ MAPA

PŘÍLOHA C – ESP32 BT ZÁVISLOST SÍLY SIGNÁLU NA VZDÁLENOSTI

PŘÍLOHA D – STL OBJEKT VÍKA

PŘÍLOHA E – STL OBJEKT POUZDRA

PŘÍLOHA F – GCODE PRO TISK VÍKA

PŘÍLOHA G – GCODE PRO TISK POUZDRA

PŘÍLOHA H – TECHNICKÝ VÝKRES VÍKA

PŘÍLOHA I – TECHNICKÝ VÝKRES POUZDRA

PŘÍLOHA J – PROGRAM ZAŘÍZENÍ

PŘÍLOHA K – BINÁRNÍ SOUBOR PROGRAMU

PŘÍLOHA L – VIDEO S DEMONSTRACÍ FUNKCE ZAŘÍZENÍ

Všechny přílohy jsou k dispozici na přiloženém CD